PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

vereinigt mit dem

JAHRBUCH DER RADIOAKTIVITÄT UND ELEKTRONIK

Nr. 6 — 15. März 1934 — Redaktionsschluß für Nr. 8 am 1. April 1934. — 35. Jahrgang

INHALT:

Bericht über die Tätigkeit der Physikalisch - Technischen Reichsanstalt im Jahre 1933. S. 217.

Abhandlungen:

G. Otterbein, Kerreffekt an Benzolderivaten. S. 249.

M. F. Treer, Die Wärmeübertragung in Flüssigkeiten und die reduzierte Schubspannung. S. 266.

Besprechungen:

H. Blasius, Mechanik II: Elastizität und Festigkeit. S. 269.

K. K. Darrow, Elementare Einführung in die Quantenmechanik. S. 269.

Hagen-Poiseuille-Hagenbach, Strömungslehre. S. 269.

K. Jellinek, Lehrbuch der physikalischen Chemie. IV. S. 269.

Köhler-Rompe, Die elektrischen Leuchtröhren. S. 270.

M. Kröger, Grenzflächenkatalyse. S. 270.

Leipziger Vorträge 1933. Magnetismus. Hrsg. von P. Debye. S. 270.

F. Löwe, Optische Messungen des Chemikers und des Mediziners. S. 271.

H. v. Mangoldt's Einführung in die höhere Mathematik für Studierende und zum Selbststudium. III. S. 271.

M. C. Neuburger, Kristallchemie der anorganischen Verbindungen. S. 271.

C. Roy-Pochon, Les Cellules Photo-Électriques, Caractéristiques et Applications. S. 272.

J. H. van Vleck, The Theory of Electric and Magnetic Susceptibilities. S. 272.

Nachrichten. S. 272.

Gesuche. S. 272.

Bericht über die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1933.

Allgemeines.

Der Präsident, Prof. Dr. F. Paschen, wurde nach $8^1/_2$-jähriger Amtsdauer infolge Erreichung der Altersgrenze mit Ablauf des Monats April 1933 in den dauernden Ruhestand versetzt. Unter seiner Leitung wurde nicht nur das für die Forschung wichtige Kältelaboratorium errichtet, sondern auch die gesamte elektrische Energieversorgung der Reichsanstalt wesentlich verbessert. Es gelang ihm, die Mittel für experimentelle Zwecke beträchtlich zu erhöhen.

An seine Stelle ist am 1. Mai 1933 Prof. Dr. Joh. Stark getreten.

Dem Präsidenten Stark sowie dem Direktor Giebe und dem Oberregierungsrat Steinhaus ist von der Georg-August-Universität in Göttingen die Gauß-Weber-Denkmünze verliehen worden.

Beamte der Reichsanstalt waren beteiligt an folgenden internationalen Versammlungen:

1. An der 3. Tagung des Comité Consultatif d'Electricité et de Photométrie vom 31. Januar bis 3. Februar 1933 in Paris (v. Steinwehr, Dziobek).
2. An den Sitzungen der Internationalen Meßinstrumenten-Kommission der Internationalen Elektrotechnischen Kommission vom 19. bis 24. Juni 1933 in Paris (Schmidt).
3. An den Sitzungen des Comité d'Administration sowie des Comité Exécutif des Internationalen Kälteinstituts am 11. und 12. Juli 1933 in Paris (Henning).
4. An den Sitzungen der internationalen Tagung der Installationsfragenkommission vom 11. bis 13. Juli in Helsingfors (R. Vieweg).
5. An dem Welt-Petroleum-Kongreß und der gleichzeitig stattgefundenen Tagung des Komitees 28 der International Standards Association vom 19. bis 25. Juli 1933 in London (Erk).
6. An den Sitzungen des Internationalen Komitees und der Generalkonferenz für Gewichte und Maße vom 26. September bis 11. Oktober 1933 in Paris (Kösters).
7. An der Generalkonferenz für Gewichte und Maße vom 3. bis 10. Oktober 1933 in Paris (v. Steinwehr, Dziobek).

Präsidialabteilung.

1. **Bogenspektrum des Sauerstoffs.** (Frerichs.) Das Bogenspektrum des Sauerstoffs wurde im äußersten Ultraviolett (Vakuumspektrograph: 2—4 Å/mm) und im Ultrarot (Konkavgitter: 4,3 Å/mm) untersucht, um die von verschiedener Seite aufgestellten Beziehungen zwischen *OI*-Spektrum und dem Spektrum der Sonnenkorona zu prüfen. Es ergab sich, daß alle diese Beziehungen

auf zufälligen Wellenlängenkoinzidenzen beruhen, da die betreffenden *OI*-Linien in anderer Weise eindeutig in das Sauerstoffspektrum einzuordnen sind. (R. Frerichs, Naturwiss. **21**, 849, 1933.)

2. **Starkeffekt der Lymanserie (Quereffekt).** (Stark, Frerichs.) Es wurde die elektrische Aufspaltung der Lymanlinien des Wasserstoffs mit dem Vakuumspektrographen untersucht. Die Untersuchung des Quereffektes ist abgeschlossen. Die ersten drei Linien der Lymanserie wurden aufgespalten, Zahl und Lage der Komponenten stimmen mit der Theorie überein, die Frage der Intensitäten läßt sich bei der äußersten Feinheit der Komponenten, die durchweg schmaler als 0,01 mm sind, mit den vorhandenen Mitteln nicht entscheiden. (Ann. d. Phys. [5] **19**, 1—8, 1934.)

3. **Starkeffekt der Lymanserie (Längseffekt).** (Frerichs, Bomke.) Die elektrische Aufspaltung der Lymanserie im Längseffekt wurde in Angriff genommen, um die von Stark an den Balmerlinien gefundenen Unsymmetrien der Intensitäten an der einfacheren Struktur der Lymanlinien nachzuprüfen.

4. **Ultrarote Gitterspektren und Spektralgesetze.** (Paschen, Ritschl.) Die Untersuchungen an Aluminiumhohlkathoden wurden fortgesetzt. Die Resultate sind veröffentlicht. (F. Paschen u. R. Ritschl, Ann. d. Phys. [5] **18**, 867, 1933.)

5. **Versilberung durch Verdampfen.** (Ritschl.) Zahlreiche Versilberungen für Laboratorien der Reichsanstalt und andere Institute wurden ausgeführt.

6. **Starkeffekt der gelben Heliumlinie 5876 mit hoher Auflösung.** (Ritschl.) Der Starkeffekt der gelben Heliumlinie 5876 wurde mit einem lichtstarken Kanalstrahlrohr bis zu Feldern von 90000 Volt/cm durch Auflösung im Fabry-Perot-Interferometer untersucht. Die beiden Komponenten der Linie spalten unsymmetrisch auf; die violettverschobene Komponente der stärkeren Linie zeigt dabei Verbreiterung und Aufspaltung.

7. **Verschiedene spektroskopische Arbeiten.** Im Jahre 1933 arbeiteten im Laboratorium des Präsidenten als Gäste: Herr Dr. Campbell aus Pasadena über Hyperfeinstruktur von Fluor (Zeitschr. f. Phys. **84**, 393, 1933), Gallium und Indium, sowie Herr Dr. Rasmussen aus Kopenhagen über Seriengesetze in den Spektren von Ba (Zeitschr. f. Phys. **83**, 404, 1933), Ra II (Zeitschr. f. Phys. **86**, 24, 1933) und Ra I.

8. **Prüfung von Bohrrohrkalibern deutscher Normung.** (Werner, Bochmann, Lehmann.) Die Einrichtungen zur Prüfung deutscher Gewinde-Normale für die Tiefbohrtechnik wurden weiter ausgebaut. Unter anderem wurde ein großer Kreuzschlitten zur Ermittlung der Steigung und Konizität von Ring- und Dornkalibern fertiggestellt und in Benutzung genommen. Außerdem wurden zwei größere schwenkbare Platten zur Aufnahme und Messung der Gewindekaliber gebaut. Mit der Röhrenverband G. m. b. H. Düsseldorf, den beteiligten deutschen Werken und dem Normenausschuß haben wiederholt Verhandlungen über die Ausarbeitung der Gewindenormen in der Tiefbohrtechnik stattgefunden.

9. **A. P. I.-Gewindekaliber.** (Werner, Bochmann, Lehmann.) Die zur Bestimmung der Konizität von Innengewinden vorgesehenen Methoden, die entweder auf Durchmesserbestimmungen an Abgüssen beruhen oder auf optischem Wege den Konizitätswinkel zur Gewindeachse ermitteln, versagen beide, sobald es sich, wie bei den Tooljoint-Kalibern des American Petroleum Instituts, um starke Konizitäten wie 1:6 oder 1:4 handelt. Für diese Sonderfälle wurde ein Prüfungsverfahren, das mittels Präzisions-Mikrometer-Stichmaßen Flankendurchmesser in verschiedenen Höhen des Innengewindes zu messen gestattet, entwickelt und die zur Berechnung der Konizität erforderlichen Formeln abgeleitet (Wiss. Abh. **17**, S. 413). Weiter wurden die günstigsten Durchmesser der für Flankendurchmesser-Bestimmungen an stark konischen Gewinden notwendigen Meßdrähte berechnet.

10. **Internationaler Stimmton.** (Conrat.) Durch den Deutschen Normenausschuß ist die Frage des internationalen Stimmtons wieder in Fluß gekommen. In einer ausführlichen Denkschrift, die dem Normenausschuß und anderen beteiligten Stellen zugeleitet werden soll, hat die Reichsanstalt begründet, daß die bisher ergriffenen Maßnahmen zur Einführung und Erhaltung eines einheitlichen Stimmtons nicht ausreichen, und die Wege angedeutet, die zu einer Besserung der allgemein beklagten Zustände führen könnten.

11. **Stimmgabelprüfung.** (Conrat.) Die absolute Bestimmung von Stimmgabelnormalen wurde fortgesetzt.

12. **Radioaktive Prüfungen.** (Fränz, Weiß.) Die Konstanten für die Absorption der γ-Strahlen in verschiedenen Filtermaterialien und für die Absorption der γ-Strahlen nichtkonzentrierter, radiumhaltiger Materialien in den Materialien selbst wurden neu bestimmt.

13. **Neue Prüfanordnung.** (Fränz, Steudel.) Zur schnelleren Messung des Ionisationsstromes bei konzentrierten Radiumpräparaten wird eine Methode ausgearbeitet, statt des üblichen Goldblattelektrometers ein Verstärkerrohr mit unempfindlichem Galvanometer zu benutzen.

14. **Künstliche Umwandlung des Bor.** (Fränz.) Die Untersuchungen mit α-Strahlen des *RaC'* zeigten, daß die früher von Bothe und Fränz sowie von Chadwick und von Heidenreich beobachtete sogenannte „1. Gruppe der Atomtrümmer des Bor", deren Deutung erhebliche Schwierigkeiten bereitete, mindestens zum größeren Teil nicht von einer Zertrümmerung des Bor herrührt, sondern natürlichen *H*-Strahlen aus einer Verunreinigung des Bor mit Borsäure zugeschrieben werden muß, die früher allen Bemühungen, sie zu beseitigen, hartnäckig standgehalten hat, da sich die dünnen Borschichten wahrscheinlich beim Ausglühen im Vakuum durch den von den Wänden abgegebenen Sauerstoff oberflächlich oxydiert haben.

15. **Künstliche Umwandlung des Aluminiums.** (Steudel.) Versuche über die künstliche Umwandlung des *Al* durch α-Strahlen des *Po* und des *RaC'* wurden begonnen. Hierfür dienen geeignete Zählerformen und Anordnungen zur automatischen Zählung der Atomtrümmer mit Thyratronröhren und mechanischen Zählwerken.

16. **Reichweite natürlicher *H*-Strahlen.** (Weiß.) Die Abhängigkeit der Reichweite natürlicher *H*-Strahlen von ihrer Geschwindigkeit wurde unter wesentlicher Verbesserung der geometrischen Bedingungen bei Auslösung und Beobachtung der *H*-Strahlen untersucht. Die Absorptionskurve der *H*-Strahlen, die aus einer dünnen Paraffinschicht von den unabgebremsten α-Strahlen des *ThC'* mit 8,62 cm Reichweite ausgelöst wurden, ergab für *H*-Strahlen der Geschwindigkeit $3{,}28 \cdot 10^9$ cm/sec eine Reichweite von 41,4 cm bei 15° C. Unter den gleichen geometrischen Bedingungen und nach Vornahme methodischer Verbesserungen wurden die früheren vorläufigen Versuche mit *RaC'* wiederholt.

17. **α-Strahlung des Samariums.** (Fränz, Steudel.) Kurz nach der Entdeckung der α-Strahlung des *Sm* durch Hevesy wurde mit einer Proportionalzähleranordnung an einigen *Sm*-Präparaten des Chemischen Laboratoriums die Reichweite der α-Strahlen zu 1,18 cm bei 15° C gemessen; auch die Halbwertszeit ergab sich innerhalb der Meßgenauigkeit in Übereinstimmung mit dem später von Hevesy angegebenen Wert. Außer dem *Sm* wurden noch auf α-Strahlen untersucht: ein Präparat aus 50 Proz. Terbium, 32 Proz. Gadolinium, 20 Proz. Dysprosium; ein Präparat aus 80 Proz. Ytterbium, 10 Proz. Cassiopeium und 8 Proz. Terbium; ferner reines Erbium, Cer, Tellur, Germanium und Beryllium. Bei allen diesen Elementen konnte keine α-Strahlung nachgewiesen werden, die bei etwa 1 cm Reichweite 10 Proz. der *Sm*-Aktivität betragen hätte. Eine sehr kleine Aktivität des Cer und des Erbium dürfte Spuren einer Verunreinigung mit einem bekannten Radioelemente zuzuschreiben sein, da die α-Strahlen eine relativ lange Reichweite hatten.

18. **Gasverflüssigung.** (Meißner, Steiner, Giloi.) Es wurden 12700 l flüssiger Stickstoff (7800 l für das Kältelaboratorium, der Rest für andere Laboratorien der Reichsanstalt), 20 l flüssiger Sauerstoff, 1612 l flüssiger Wasserstoff und etwa 35 l flüssiges Helium hergestellt. Von dem flüssigen Wasserstoff wurden 161 l an andere Laboratorien der Reichsanstalt, 224 l an auswärtige Institute abgegeben.

19. **Heliumvorrat.** (Meißner, Giloi.) Aus dem Heliumvorrat des Kältelaboratoriums erhielten andere Laboratorien der Reichsanstalt etwa 100 l sehr reines Helium. Durch Trennung von Neon-Heliumgemisch, das von der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen AG. übersandt wurde, wurden 1180 l Helium gewonnen. Das abgetrennte Neon erhielt die Linde AG. Der gesamte Heliumvorrat des Kältelaboratoriums beträgt zur Zeit etwa 24530 l.

20. **Anreicherung des schwereren Wasserstoff-Isotops.** (Meißner, Steiner.) Bei Adsorption von gewöhnlichem Wasserstoff an Kokosnußkohle bei 20° abs. und Desorption bei 80° abs. erwies sich der in der Kohle verbleibende Rest als am schwereren Isotop angereichert. Doch gelang auch bei mehrmaliger Anwendung des Verfahrens bisher nur eine Anreicherung bis zu einigen Prozenten.

21. **Auftreten von Erhitzungstönen bei tiefen Temperaturen.** (Steiner.) In einem mit gasförmigem Wasserstoff gefüllten engen *U*-Rohr, das mit flüssigem Wasserstoff gekühlt ist, können spontan die früher von anderen bei hohen Temperaturen gefundenen sogenannten „Erhitzungstöne" auftreten. Die Adsorptionskohle, die sich im *U*-Rohr befindet, kann durch die dauernden Schwingungen der Gasmasse, die Wärme von außen zuführt, so stark erwärmt werden, daß die Adsorption von Wasserstoff an ihr fast völlig verhindert wird.

22. **Erzeugung tiefster Temperaturen.** (Meißner.) Ein kontinuierlich wirkendes Verfahren zur Erzeugung tiefster Temperaturen durch Kompression von flüssigem Helium wurde veröffentlicht (Wiss. Abh. 17, S. 87). Es traten noch technische Schwierigkeiten auf, die bisher nicht völlig überwunden sind.

23. **Widerstand und Supraleitung von Metallen, Legierungen und Verbindungen.** (Meißner, Franz, Westerhoff.) An zwei, von der Firma W. C. Heraeus herrührenden und von Gerlach-München bzw. Grüneisen-Marburg zur Verfügung gestellten Platin- bzw. Palladiumproben wurde ein Restwiderstand von nur $3 \cdot 10^{-4}$ bzw. $5 \cdot 10^{-4}\, R_0$ festgestellt (R_0 = Widerstand bei 0° C). Danach sind diese Proben sehr viel reiner als frühere. Auch eine von Hönigschmidt herrührende und von Grüneisen zur Verfügung gestellte Silberprobe erwies sich als sehr rein, da sie nur einen Restwiderstand von $2{,}9 \cdot 10^{-3}\, R_0$ hatte.

Die Untersuchungen Pospíšils über das System Gold-Kupfer durch Messung des Widerstandes in tiefen Temperaturen wurden veröffentlicht (Wiss. Abh. **17**, S. 373).

Sehr reine Vanadiumproben, die van Arkel zur Verfügung gestellt hatte, wurden bei 4,3 bis 4,4° abs. supraleitend (Wiss. Abh. **17**, S. 423). Eine genaue Bestimmung des Sprungpunktes des von Noddack hergestellten sehr reinen Niobiums ergab 9,2° abs. Hiernach hat Niobium unter den bisher bekannten supraleitenden Metallen den höchsten Sprungpunkt (Wiss. Abh. **17**, S. 207).

Die Untersuchungen über das Auftreten der Supraleitfähigkeit bei Legierungen und Verbindungen wurden zu einem vorläufigen Abschluß gebracht (Wiss. Abh. **17**, S. 207).

Von Holm und Meißner (Wiss. Abh. **17**, S. 417) wurden in Ergänzung der früheren gleichartigen Untersuchungen Widerstandsmessungen bei Zimmertemperatur und bei 20° abs. an Gold-, Kupfer- und Nickelkontakten angestellt und die Abhängigkeit des Übergangswiderstandes von der angelegten Spannung geprüft.

24. **Neue Effekte bei Eintritt der Supraleitfähigkeit.** (Meißner, Ochsenfeld.) Die neuen Effekte beziehen sich hauptsächlich auf die Änderung der Magnetfeldverteilung in der Umgebung von stromfreien oder stromdurchflossenen Supraleitern beim Senken der Temperatur unter den Sprungpunkt (Wiss. Abh. **17**, S. 293).

25. **Messungen mit Röntgenstrahlen in tiefen Temperaturen.** (Steiner, Graßmann.) Der zu untersuchende, im flüssigen Helium befindliche Kristall ist von einem dünnen Glasröhrchen umgeben, das mit Chromeisen verblasen ist. Die Verbindungsstelle Chromeisen-Glas, sowie die Lötungen zwischen dem Chromeisen und den übrigen Metallteilen halten die tiefen Temperaturen aus und bleiben hochvakuumdicht. Ein für die Messungen geeigneter Titankristall wurde durch Röntgenaufnahmen bei höheren Temperaturen ausgesucht. Die Intensitätsschwankungen werden durch eine Kompensationsschaltung bei den Messungen weitgehend aufgehoben.

26. **Zerreißfestigkeit von Steinsalz bei 1,2° abs.** (Steiner, Burgsmüller a. G.) Es wurde die Zerreißfestigkeit von reinem Steinsalz bei 1,2° abs. untersucht (Wiss. Abh. **17**, S. 159). Sie hat in dem Temperaturbereich von 20° bis 1° abs. ungefähr den konstanten Wert 565 g/mm², während sie bei 290° abs. nur etwa ein Drittel davon beträgt.

27. **Gastarbeiten.** Im Kältelaboratorium arbeiteten als Gäste: Dr. Seemann vom Physikalischen Institut der Universität München, Prof. Grüneisen, Dr. Reddemann und Dr. Deutschbein vom Physikalischen Institut der Universität Marburg, Fräulein Dr. Cremer vom Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie, Dr. R. Schulze vom Institut für Strahlenforschung der Universität Berlin, Herr Burgsmüller vom Institut für theoretische Physik der Universität Halle, Dr. Holm vom Forschungslaboratorium des Siemens-Konzerns.

28. **Messungen an Atomstrahlen im Magnetfeld.** (Meißner, Scheffers.) Über die Bestimmung der magnetischen Momente von Kalium und Lithium, insbesondere diejenige nach der Methode von Rabi erfolgte eine zweite Veröffentlichung (Wiss. Abh. **17**, S. 33). Ferner wurden folgende Methoden zur Messung der Ablenkung und Intensität von Strahlen, deren Atome nur ein magnetisches Kernmoment haben, untersucht: 1. Ionisierung an einem sensibilisierten Wolframdraht; 2. bolometrische Wirkung der Strahlen; 3. Ionisierung im Verstärkerrohr. Es scheint nicht ausgeschlossen, daß die beiden letzten Methoden sich zu ausreichender Empfindlichkeit durchbilden lassen.

29. **Messungen an Molekülstrahlen im elektrischen Feld.** (Scheffers.) Die Messung elektrischer Dipolmomente binärer Salze (z. B. KJ) wurde nach der Methode der Ablenkung im inhomogenen elektrischen Feld, welche schon von Wrede für qualitativen Nachweis versucht wurde, in Angriff genommen. Die Bestimmung der Ablenkung und Intensität der Strahlen erfolgte durch Ionisation der Moleküle an einem glühenden Wolframfaden. Vorläufige Messungen ergaben für KJ ein Moment von etwa $6 \cdot 10^{-18}$ el. stat. C.G.S.E.

30. **Rhenium.** (W. Noddack, J. Noddack a. G., Scharnow.) Die Untersuchung der chemischen und physikalischen Eigenschaften des Rheniums wurde fortgesetzt. Es wurden vor allem die Sauerstoffsalze des 4-, 5-, 6- und 7-wertigen Rheniums und die Halogenverbindungen der 1., 2., 3., 4. und 6. Valenzstufe des Elements studiert.

31. **Masurium.** (W. Noddack, J. Noddack a. G.) Die Versuche zur Reindarstellung des Masuriums wurden fortgesetzt.

32. **Häufigkeit der Elemente.** (W. Noddack, J. Noddack a. G.) Mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft wurde im August-September eine Forschungsreise nach Skandinavien unternommen. Auf dieser Reise wurden Mineralien zur Gewinnung des Masuriums und zum Studium der Häufigkeit der chemischen Elemente gesammelt. Diese Mineralien (200 Proben), etwa 80 eingesandte Mineralien und 40 Meteoriten wurden auf ihren Gehalt an selteneren Elementen untersucht.

Die Häufigkeit einiger seltener Elemente an der Erdoberfläche ist erheblich größer, als man bisher annahm, so daß sich bei einem technischen Bedarf, ähnlich wie beim Rhenium und Gallium, neue Möglichkeiten zur Gewinnung angeben ließen.

Die Häufigkeitsverteilung der Elemente im Weltall, die sich aus den Meteoritenuntersuchungen erschließen ließ, zeigt einen Verlauf, der zum Teil schon mathematisch erfaßbar ist. Aus dieser Verteilung lassen sich einige Schlüsse auf das Alter der Elemente, die Zahl der Isotopen und die Größe der Atomgewichte ziehen.

Untersuchungen über die in Amerika angeblich entdeckten Elemente mit den Ordnungszahlen 61, 85 und 87 zeigten, daß die Angaben über die Entdeckung dieser drei Elemente unzutreffend sind.

33. **Reine Metalle.** (W. Noddack.) Bei den Versuchen zur Darstellung sehr reiner Metalle wurden einige der reinsten Proben von Aluminium, Eisen, Zink, Niob, Tantal, Platin, Iridium und Gold auf ihren Gehalt an Verunreinigungen geprüft und Verfahren zur weiteren Reinigung dieser Metalle ausgearbeitet.

34. **Untersuchung von Gläsern.** (Tepohl.) Die Versuche zur Bestimmung der Oberflächengröße von Glasgrieß begrenzter Korngrößen wurden fortgesetzt.

Für die Glasindustrie wurden 88 chemische Untersuchungen an verschiedenen Glassorten vorgenommen, die Prüfungen erstreckten sich hauptsächlich auf Verwitterbarkeit von optischem Glas sowie auf hydrolytisches Verhalten von Hohlglas bei 100°.

35. **Analytische Arbeiten.** (W. Noddack, Tepohl.) Für die Reichsanstalt und für die Industrie wurde eine Anzahl analytischer Arbeiten ausgeführt.

36. **Assimilation.** (W. Noddack, Schröter.) Die Untersuchung über den Chemismus der Assimilation der grünen Pflanzen wurde fortgesetzt. Bei einigen Algenarten wurde das Verhältnis absorbierte Lichtenergie : gebildete Menge organischer Substanz in Abhängigkeit von der Lichtintensität und der Wellenlänge bestimmt.

Durch Messung der von den Pflanzen absorbierten Sonnenenergie auf landwirtschaftlich angebauten Flächen und Bestimmung der entstandenen pflanzlichen Substanz wurde derselbe Nutzeffekt für praktisch vorkommende Verhältnisse ermittelt.

37. **Sehvorgang.** (W. Noddack, Meidinger.) Bei der Untersuchung des Sehvorganges wurden die Sehschwelle, die Farbschwelle, die Verschmelzungszahl, die Sichtbarkeit kurzer Lichtblitze und das Auflösungsvermögen der Retina für verschiedene Wellenlängen und Intensitäten gemessen. Mit der chemischen Untersuchung des Sehpurpurs wurde begonnen.

38. **Analytische Spektroskopie.** (Meidinger, W. Noddack, Hohberg.) Die Empfindlichkeit des optischen Spektrums zum Nachweis kleiner Verunreinigungen von Metallen wurde quantitativ untersucht. Die analytischen Arbeiten des chemischen Laboratoriums wurden durch röntgen- und bogenspektroskopische Aufnahmen unterstützt. Es wurden ausgewertet: 240 Röntgenspektrogramme, 30 Bogenspektrogramme von Metallen und Präparaten.

39. **Ultraschallwellen.** (Beuthe.) Die Versuche über die Einwirkung von Ultraschallwellen auf chemische Reaktionen wurden fortgesetzt. Außer der schon früher beobachteten Bildung von Wasserstoffsuperoxyd aus Wasser und Sauerstoff wurde die Entstehung von Ammoniak und salpetriger Säure aus Wasser und Stickstoff nachgewiesen. Ferner wurden im Ultraschallfeld untersucht: Die Kristallisation von Legierungen, die metallische und elektrolytische Leitfähigkeit, die Gasblasenbildung und das Verhalten einiger photographischer Emulsionen. Im Zusammenhang mit diesen Versuchen wurde der Einfluß der Reibung auf chemische Vorgänge untersucht.

40. **Apparatebau.** (W. Noddack, Mucha.) In der Werkstatt des Laboratoriums wurden Apparate für die wissenschaftlichen Arbeiten entworfen und ausgeführt.

41. Hauptwerkstatt: Herstellung von Apparaten usw. (Keil.) An größeren Arbeiten wurden u. a. fertiggestellt:

1 Röntgen-Faßkammer für Gasfüllung,
mehrere gepanzerte Vibrationsgalvanometer, verbesserte Bauart Schering-Schmidt,
1 Bifilar-Normalwiderstand,
1 Photokontakt höchster Genauigkeit,
1 Glühdornprüfgerät,
1 großes Fühlhebelmeßgerät für Deutsche Röhrennormalgewinde,
1 Zeitzeichenempfänger ohne Verzögerungsfehler.

Noch im Bau befinden sich:

die Normalkilogrammwaage,
ein neuer Kontaktgeber für Quarzuhren,
eine kleine Kreisteilmaschine.

An kleineren Arbeiten wurden ausgeführt: mehrere Kondensatormikrophone, ein empfindliches Schreibrelais, ein Luftkondensator besonderer Bauart, mehrere Sektorscheiben, verschiedene Teilarbeiten zur Normalohmbestimmung und für die Stromwaage, mehrere Mikrometerschrauben, mehrere Linear- und Kreisteilungen, besondere Werkstücke aus schwer zu bearbeitenden Werkstoffen, Stempelungs- und Gravierarbeiten, sowie die Mitwirkung bei Beglaubigungen. — Als Beratungsstelle in technischen Fragen wurde die Hauptwerkstatt wieder in größerem Umfange in Anspruch genommen.

42. Uhrenuntersuchungen. (Keil, Rieckmann, Hild.) Nach Abschluß der instrumentellen Vorbereitung wurde mit den Versuchen zur Gewinnung der Unterlagen der auf Wunsch der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft übernommenen praktischen Prüfung von Taschenuhren begonnen. Die Entwicklung eines mit Ausgleich der Verzögerungsfehler arbeitenden Zeitzeichenempfangsgerätes und eines sehr genauen Photokontaktes wurde beendet. Mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft wurde die Frage der Beseitigung der Erschütterungseinflüsse auf das Pendel untersucht und durch die Entwicklung der Theorie des Schutzpendels geklärt. Mit dem Bau einer Uhr mit Schutzpendel wurde begonnen.

43. Prüftätigkeit der Präsidialabteilung.

Laboratorium für Feinmechanik und Stimmgabelprüfung.
(Werner, Conrat, Bochmann, Lehmann.)

23	(12)	Leitspindeln,	20	(0)	Gewindemeßspitzen,
4	(2)	Gewindekämme und Proben,	18	(0)	Gewindemeßdrähte,
6	(0)	Zylindrische Normalgewinde,	7	(0)	Fingerlehren,
3	(4)	Mikrometerspindeln,	2	(0)	Wälzfräser,
107	(67)	Konische Außengewinde,	5	(4)	Verschiedene Lehren usw.
107	(66)	Konische Innengewinde,	12	(49)	Stimmgabeln, davon 2 (44) *a*-Gabeln.

Daneben wurden für die Laboratorien der Reichsanstalt verschiedene Messungen ausgeführt.

Laboratorium für Radioaktivität. (Fränz, Weiß.)

64	(35)	Radiumpräparate,	im ganzen äquivalent 932 (625) mg Radiumelement,
1	(4)	Mesothor- und Radiothorpräparate,	
8	(4)	Radiumpräparate auf Mesothorfreiheit,	
22	(29)	Radioaktive Materialien (Erze u. a.),	
1	(0)	Radioaktives Präparat auf Mesothor- und Aktiniumfreiheit,	
6	(13)	Kompressen,	
2	(1)	Quellwasser,	
12	(23)	Emanatoren,	
1	(4)	pharmazeutisches Präparat,	
33	(41)	Normal-Radiumlösungen wurden abgegeben.	

Chemisches Laboratorium. (W. Noddack, Tepohl, Scharnow.)

8 (15) Produkte auf Rhenium,
2 (4) Platinkonzentrate,
2 (0) Proben Nickel,
2 (0) Proben Zink,
2 (0) Eisen-Beryllium- und Titanlegierungen,
3 (0) Proben von Gold, Platin und Iridium auf Reinheit,
74 (57) Glasproben, davon
2 (8) Arten Deckgläser,
29 (16) Arten Geräte- und Fläschengläser,
1 (2) Art Spiegelglas,
42 (11) Arten optisches Glas.

Photochemisches Laboratorium. (W. Noddack, Meidinger, Hohberg.)

72 röntgen- und bogenspektroskopische Analysen,
1 Belichtungsmesser.

Abteilung I (Maß und Gewicht).

44. **20°-Normale für Längenmessung.** (Langbein, Neumann, Johannsen.) Nach der Erledigung der Prüfung der restlichen 13 Normale sind nach den Anschlagmetern auch die 40 Strichmeter den Eichungsaufsichtsbehörden zugeteilt worden.

45. **Invardrähte.** (Neumann, Johannsen.) Die an 10 Invardrähten gewonnenen Meßergebnisse sind zusammen mit früheren Bestimmungen dieser Drähte unter Erörterung der verschiedenen Ursachen der Längenänderungen veröffentlicht (Wiss. Abh. **17**, S. 439).

Als Ursache der Längenänderungen der Invardrähte, soweit sie nicht nach den von Benoit und Guillaume an Invarstäben festgestellten Gesetzen verlaufen, wurden leichte Knickungen der Drähte ermittelt. Es wurde rechnerisch und experimentell bestimmt, wie sich die Länge eines Drahtes mit der Größe der Knickungen ändert. Das Längerwerden eines Drahtes unter Spannung, seine Verkürzung nach der Entlastung konnte teilweise als Folge kleiner Knickungen (Nachwirkungserscheinungen) erkannt werden. Ein Bericht erscheint demnächst in der Zeitschr. f. Instrkde.

46. **Bestimmung der Luftbrechung.** (Kösters, Lampe.) Messungen des Brechungsindex der Luft ergaben für 20°, 760 mm und trockene, kohlensäurefreie Luft folgende Beziehung:

$$n_{20,760} - 1 = \left(268{,}036 + \frac{1{,}476}{\lambda^2_{vak}} + \frac{0{,}01803}{\lambda^4_{vak}}\right) \cdot 10^{-6}.$$

In der Nähe von 20° und 760 mm gilt für trockene, kohlensäurefreie Luft die Beziehung:

$$n_{t,B} - 1 = \left(268{,}036 + \frac{1{,}476}{\lambda^2_{vak}} + \frac{0{,}01803}{\lambda^4_{vak}}\right) \frac{1 + \alpha \cdot 20}{1 + \alpha \cdot t} \cdot \frac{B}{760} \cdot 10^{-6}.$$

Der Wert $\alpha = 0{,}00367$ hat sich innerhalb kleiner Variationsgrenzen der Temperatur und des Druckes als richtig erwiesen. Die Ergebnisse stimmen gut mit Resultaten von A. Pérard und den vorläufigen Werten des National Physical Laboratory überein.

47. **Neue Kryptonlampe.** (Kösters, Lampe.) Die Schärfe der zur Messung benutzten Kryptonlinien konnte noch wesentlich dadurch gesteigert werden, daß die mit Glühkathoden versehenen Röhren mit ganz geringer Gasdichte betrieben wurden. Einige für die Interferenzlängenmessungen besonders wertvolle Linien, darunter auch die von uns als zukünftige Urnormale vorgeschlagene gelbgrüne Linie 0,5651 werden sehr hell und sehr scharf, so daß $^1/_2$ m Länge mit Leichtigkeit überbrückt wird. Hierdurch vereinfacht sich die Ausmessung des Meters in Wellenlängen ganz außerordentlich, es sind nur noch 2 Längen zu bestimmen, 0 bis 500 mm und 500 bis 1000 mm.

Eine eingehende Untersuchung der beiden Linien rot 0,6458 μ und gelbgrün 0,5651 μ mit dem Multiplex-Interferenzspektroskop von Gehrcke und Lau in Gemeinschaft mit Janicki hat wiederum die Einfachheit dieser Linien bestätigt.

48. Vakuumwellenlängen. (Kösters, Lampe.) Vor Beginn der Meteranschlußmessungen wurde die Urnormale *Kr* 0,5651 μ und die als Hilfslinie zur Bestimmung der Ordnungszahl benutzte *Kr* 0,6458 μ nochmals sorgfältig mit der roten *Cd*-Linie 0,6440 μ bei einem Gangunterschied von 150 mm, bei 500 mm alsdann unter sich verglichen. Für die gelbgrüne 0,5651 μ wurde gefunden:

$$\lambda_{vak} = 0{,}565\,112\,96\ \mu\,.$$

49. Meteranschluß. (Kösters, Lampe.) Ein neuer Apparat nach neuartigen Grundsätzen zur Ausmessung des Meters in Lichtwellenlängen wurde nach eigenen Plänen wesentlich in der Werkstatt der Abteilung I gebaut (Schröter, Feyerabend).

Die Resultate können so dargestellt werden, daß unter Zugrundelegung der neuesten Gleichung des deutschen Prototyps

$$Pr\ 18 = 1\ \mathrm{m} - 1{,}58\ \mu + 8{,}621 \cdot t\ \mu + 0{,}001\,80\ t^2\mu$$

die Länge der roten Kadmiumlinie, gemessen an der aus dem Prototyp hergeleiteten, jetzt gültigen Meterlänge, berechnet wird. Tut man dieses, so ergibt sich für die Wellenlänge der roten Kadmiumlinie in trockener Luft von 15° und 760 mm Druck bei normalem CO_2-Gehalt von 0,03 Proz. der Wert

$$\lambda = 0{,}643\,846\,72\ \mu\,.$$

Zum Vergleich werden die Werte anderer Autoren angegeben, und zwar:

0,643 846 96 Fabry und Perot 1907,
0,643 847 03 National Physical Laboratory,
0,643 846 75 *Pr* 10 | Watanabe und
0,643 846 95 *Pr* 20 | Imaizumi.

Die Werte sind von großem historischen Interesse; die Grenze ihrer Genauigkeit ist jedoch durch die Genauigkeit der Strichprototypvergleichung gegeben, während die Interferenzmessung die zehnfache Genauigkeit aufweist.

50. Messung langer Endmaßnormale durch Interferenz. (Kösters, Lampe.) Von Anfang an war das Ziel der Arbeiten, zu erreichen, daß es jederzeit möglich sein sollte, Endmaß, Strichmaß und Wellenlänge in einfacher Weise in Beziehung zu setzen. Dies ist Vorbedingung zur praktischen Einführung einer Wellenlänge als Urnormal der Länge. Das Ziel ist durch die Arbeiten aufs vollkommenste erreicht. Die Reichsanstalt ist in der Lage, Endmaße und Strichmaße bis zu 1 m Länge in ganz kurzer Zeit in Wellenlängen auszuwerten.

Zunächst wurde ein Satz von Endmaßen bis zu 1 m Länge bestimmt, die als Normale der Abteilung und zur Vorprüfung eingesandter Industriemaße dienen sollen.

Für die Industrie sind bereits zwei Endmaßnormale großer Länge von 1 m und 0,5 m in Wellenlängen geprüft worden. Die dabei erreichte innere Genauigkeit beträgt 0,02 μ (mittlerer Fehler) auf 1 m.

51. Ausdehnungskoeffizienten. (Kösters, Lampe.) Bei den Vergleichungen langer Endmaße wurde jedesmal der Koeffizient der thermischen Ausdehnung mit bisher unbekannter Genauigkeit bestimmt. Nachwirkungserscheinungen sind hierbei nicht mit Sicherheit beobachtet worden. Die hohe Genauigkeit der Messungen gestattet ein rasches Erfassen der Veränderlichkeit der Endmaße.

52. Verordnungen und Vorschriften über Längen- und Flächenmeßgeräte. (Lanzrath.) Auf Grund der Verordnungen (Reichsgesetzblatt 1933 I, S. 4 und 5) wurden Übergangsinstruktionen für die Eichung solcher Längen- und Flächenmeßgeräte ausgearbeitet, die bisher nach den allgemeinen Eichvorschriften nicht geeicht werden konnten, die aber nunmehr auf Grund der Übergangsbestimmungen zur Eichung angenommen werden können. – Die Vorschriften der Eichordnung und die zugehörigen Bestimmungen der Instruktion wurden der eichtechnischen Entwicklung auf dem Gebiete der Längen- und Flächenmessung angepaßt. – Die bildlichen Darstellungen über die bisher endgültig zur Eichung zugelassenen Bauarten wurden fertiggestellt und zum Teil veröffentlicht (Mitt. Reihe 13, Nr. 7 und 8).

53. Tapetenmeßmaschinen. (Lanzrath.) Durch Besichtigung von Meßbetrieben der Tapetenindustrie wurde festgestellt, daß die in Tapetenfabriken zur Abmessung von Tapeten nach Rollen angewendeten Meßmaschinen nach Inkrafttreten der Verordnung über die Eichpflicht am 1. Januar 1935 der Eichpflicht unterliegen. Es wurde mit der Prüfung mehrerer Bauarten von Tapetenmeßmaschinen auf Eichfähigkeit auf Grund der allgemeinen Eichvorschriften und der Übergangsbestimmungen begonnen.

54. **Draht- und Kabelmeßmaschinen.** (Lanzrath.) Auf dem Gebiet der Draht- und Kabelmeßmaschinen wurden mehrere Bauarten probeweise und zwei Bauarten endgültig zur Eichung zugelassen.

55. **Stoffmeßmaschinen.** (Lanzrath.) Auf dem Gebiet der Stoffmeßmaschinen wurde die Entwicklung einer schlüpfungsfrei arbeitenden Bauart, deren Wirkungsweise außerdem noch unabhängig von der Dehnbarkeit, Dicke und Oberflächenbeschaffenheit des jeweiligen Meßgutes ist, mit Erfolg weitergeführt. Die für diese Versuche erforderlichen Mittel wurden lediglich von den beteiligten Kreisen der Industrie aufgebracht.

56. **Prüfgerät für Stoffmeßmaschinen.** (Lanzrath.) Die Eichbehörden wurden mit dem neuen Prüfgerät für Stoffmeßmaschinen ausgerüstet. Die zugehörigen Normalbänder aus Leinenstoff mit Drahteinlage von 50 m Länge — 15 Stück — wurden auf Richtigkeit geprüft.

57. **Fahrstreckenmesser, Taxameter, Kilometerzähler.** (Lanzrath.) Die Erprobung von Fahrstreckenmessern einer abgeänderten Bauart wurde fortgeführt. — Im Zusammenhang mit den Eichvorschriften für Fahrstreckenmesser wurde mit der Ausarbeitung von entsprechenden Vorschriften für Taxameter, wie sie im Kraftdroschkengewerbe zur Berechnung des Fahrpreises angewendet werden, begonnen.

58. **Flächenmeßgeräte, Planimeter, Ledermeßmaschinen.** (Lanzrath.) Auf dem Gebiet der Flächenmeßgeräte wurden ein Präzisionsplanimeter auf Richtigkeit und eine neue Bauart von Ledermeßmaschinen auf Eichfähigkeit geprüft.

59. **Vorschriften für Flüssigkeitsmeßgeräte und Meßgeräte für trockene Gegenstände.** (Thomas, Padelt.) Die §§ 31 bis 46 der Eichordnung wurden einer durchgreifenden Umarbeitung und Ergänzung zur Anpassung an den gegenwärtigen Stand der eichtechnischen Entwicklung unterworfen. Außerdem war für die Einführung der Bezugstemperatur 20° C eine Änderung der §§ 8, 13, 16, 19 und 22 der Eichordnung und der Anlage B zur Allgemeinen Instruktion erforderlich. Letztere wurde bei dieser Gelegenheit wesentlich umgestaltet und erweitert. Kleinere Änderungen erfuhren die §§ 62, 65 und 66 der Eichordnung und die zugehörigen Teile der Instruktion IV (Reichsgesetzbl. 1933 I, S. 1123; Mitt. Reihe 13, Nr. 9).

Zwecks tunlichst weitgehender Vereinfachung der Gebührenberechnung wurden Vorschläge über Änderung von § 2 II B der Eichgebührenordnung ausgearbeitet und nach Beratung in der diesjährigen Vollversammlung der Abteilung I dem Wirtschaftsministerium unterbreitet.

60. **Systemprüfungen.** (Thomas, Padelt.) Die Zahl der Neueingänge an Zulassungsanträgen betrug 106, die Zahl der zu erteilenden wichtigeren Auskünfte und Entscheidungen 48.

61. **Systemprüfung von Fässern.** (Drewitz.) Die Zulassungsanträge für neue Bauarten von Fässern haben sich gegen das Vorjahr gesteigert. Dabei mußten Anträge, welche auf Anbringen von herausnehmbaren Einsatzkörpern im Innern der Fässer, etwa wie bei nichteichfähigen Biersyphons, hinauslaufen, grundsätzlich abgelehnt werden, da sie die Unveränderlichkeit des Maßraumes der Meßgeräte für Flüssigkeiten, zumal bei undurchsichtigen Fässern, gefährden. — Drei neue Bauarten sind in den Mitteilungen der Abteilung I, Reihe 13, Nr. 7 als eichfähig veröffentlicht.

62. **Vorschriften für Fässer.** (Drewitz.) Es sind weitere Änderungen und Ergänzungen zur Eichordnung und Instruktion der Vollversammlung 1933 vorgelegt und von ihr beschlossen worden. Die Veröffentlichung im Reichsgesetzblatt ist veranlaßt.

63. **Getreideprober.** (Schultze, Lenk, Weber.) Die Vorarbeiten für die Nachprüfung der Getreideprobertafel (s. vor. Bericht) wurden abgeschlossen. Das für die Nachprüfung erforderliche Getreide wird durch Vermittlung des Reichsnährstandes Abt. II von landwirtschaftlichen Genossenschaften und Handelsfirmen zur Verfügung gestellt. Die botanische Untersuchung und künstliche Trocknung des Getreides hat das Institut für Müllerei, Berlin, übernommen, dem hierfür Geldmittel seitens des Reichsernährungsministeriums gewährt wurden.

Da es sich bei den bevorstehenden Arbeiten um die Festlegung der Beziehung des Zwanzigliterprobers zu den kleineren Probern handelt, waren auch bei dem großen Prober Untersuchungen über die Abmessungen einiger wirksamer Teile notwendig. Hierbei zeigte sich, daß für die Form und Ausführung des Hohlmaßes und die Lage der Messerschnittebene über dem oberen Maßrand engere und ergänzende Vorschriften erforderlich sind, wenn man systematische Unterschiede in den Angaben der Prober vermeiden will. Die Abmessungen der wirksamen Teile des Zwanzigliterprobers wurden in Übereinstimmung mit unserem Urnormal so festgelegt, daß gegebenenfalls der Prober aus diesen Angaben neu hergestellt werden könnte.

Die geplanten Arbeiten sollen hauptsächlich mit den gegenüber dem Reichsgetreideprober merklich verbesserten 1-l-Getreideprobern neuer Bauart mit kegelförmigem Zerstreuer durchgeführt werden. Auf Wunsch wurden drei dieser verbesserten Prober in maßstäblich möglichst gleicher Ausführung von der Herstellerfirma zur Verfügung gestellt.

64. **Handelswaagen.** (Schönherr, Kornatz, Blum, Padelt, Johannsen.) Die Instruktion VI A (Handelswaagen) wurde durch Zusätze über die Prüfung von Brückenwaagen, im besonderen von Kohlenkippwaagen, ergänzt. 21 Bauarten von Waagen mit Neigungsgewichtseinrichtung wurden probeweise zur Eichung zugelassen. Die sonstigen Untersuchungen und Entscheidungen betrafen Waagen verschiedener Art, z. B. Fuhrwerkswaagen ohne Entlastungsvorrichtung, Gleiswaagen mit neuartigen Entlastungsvorrichtungen, Achsdruckmesser zur Ermittlung des Achsdruckes von Kraftfahrzeugen und andere Sonderkonstruktionen, ferner die Ausführung von Eichfahrzeugen und Hebelapparaten als Prüfungsmittel für den Eichdienst. Für die Prüfung von Achsdruckmessern für den Polizeigebrauch wurde ein Prüfungsapparat beschafft.

Die Normung im Waagenbau wurde von dem zuständigen Fachnormenausschuß fortgesetzt und zwei neue Normblätter wurden herausgegeben.

65. **Waagen für besondere Zwecke.** (Schönherr, Kornatz, Blum, Padelt, Johannsen.) Die Systemprüfungen von Waagen zur selbsttätigen Abwägung von Füllgut verschiedenster Art wurden weitergeführt; die Untersuchungen erstreckten sich im besonderen auf Waagen zur Abfüllung von Mehl, sowie von Kalisalz und anderen mineralischen Stoffen unter Anpassung an die Verpackung in Ventilsäcken.

Zur Untersuchung fest aufgestellter Probewaagen, zur Besichtigung von Werkstätten (z. B. Stahlwerken) und Eichämtern und zur Teilnahme an den Verhandlungen über die Schaffung eines Reichsverbandes des Deutschen Waagenbaues wurden neben Besichtigungen in Groß-Berlin mehrere Dienstreisen ausgeführt. An den Sitzungen der Fachschaft der Berliner Waagenbauer nahmen Angehörige des Laboratoriums wiederholt teil.

66. **Vorschriften und Instruktionen für Aräometer usw.** (Hartmann, W. Hoffmann.) Die Eichvorschriften über Aräometer und über Meßwerkzeuge für wissenschaftliche und technische Untersuchungen wurden neu bearbeitet. Die Bearbeitung der Instruktionen dazu wurde fortgesetzt.

Die Arbeiten an Eichvorschriften und Normblättern mit dem Ziel, die DIN DENOG-Normung in ein natürliches Verhältnis zur Eichung zu setzen, wurden zum einstweiligen Abschluß gebracht.

67. **Tafeln für Weingeistermittlung.** (Hartmann, W. Hoffmann.) Für die vom Reichsmonopolamt für Branntwein neu herausgegebenen „Tafeln für die amtliche Weingeistermittlung" und „Technischen Bestimmungen zu den Ausführungsbestimmungen zum Gesetz über das Branntweinmonopol vom 8. April 1922" wurden weitere Tafeln zum Teil ergänzt, zum Teil neu berechnet.

68. **Butyrometerskalen.** (Hartmann, W. Hoffmann.) Es sind Untersuchungen und Ermittlungen eingeleitet worden, um eichfähige Butyrometerskalen für Milch, Rahm und Käse festzulegen.

69. **Aräometernormale.** (Hartmann, W. Hoffmann.) Die Neubestimmung der Aräometernormale der Reichsanstalt und von deutschen und ausländischen Eichbehörden wurde fortgesetzt.

70. **Abschluß der Dichtemessungen an Meerwasser.** (Bein, Hirsekorn.) Die mehrjährigen Arbeiten über die interferometrische Dichtebestimmung des Meerwassers nähern sich ihrem Abschluß.

Die gleichzeitige Durchführung von Interferometer-, Leitfähigkeits- und Titrationsmessungen, die an 30 frisch geschöpften Meerwasserproben verschiedenen Ursprungs erfolgte, zeigt deutlich die Überlegenheit der Interferenzmethode.

Das Interferometer ergibt die Meerwasserdichte im Temperaturintervall von 0 bis 40° bei einer Temperierkonstanz von $^1/_{100}°$ mit einer Genauigkeit von einigen Einheiten der sechsten Dezimale. Der achromatische Kompensator des Instruments stellt die Meerwasserdispersion, die nur wenig von der reiner Kochsalzlösungen abweicht, fast vollkommen dar und kann im Bedarfsfall durch ein noch günstigeres Glas verbessert werden. Die Ablesungen stehen in einfacher linearer Beziehung zur Dichtefunktion $\varrho = \left(s \frac{17{,}5°}{17{,}5°} - 1\right) \cdot 1000$ und sind durch einen Koeffizienten auf jede Temperatur zwischen 0 und 40° reduzierbar. Dieser Koeffizient zerfällt in zwei Summanden, deren erster der thermischen Meerwasserausdehnung proportional verläuft, die auf Grund umfangreicher Dilatometermessungen genauer als von Forch und Knudsen bestimmt wurde. Der zweite Summand entspricht einer logarithmischen Änderung der Meerwasserbrechung mit der Temperatur, die anscheinend auf chemischen Umwandlungen der einzelnen Meerwasserbestandteile in der Nähe von 0° beruht.

Die Chlorgehaltsbestimmung des Meerwassers, die nach der Mohrschen Methode in besonderen Büretten mit Silbernitrat als Titer erfolgt, ergibt eine rasche, von der Temperatur fast unabhängige, aber ungenauere relative Dichtemessung in bezug auf die Kopenhagener Normalwasserlösungen. Es besteht ein einfacher Zusammenhang zwischen Chlorgehalt und Dichte, den bereits Dittmar vor 60 Jahren fand. Seine auf der Charlenger-Expedition gewonnenen Resultate sowie die späteren zahlreichen Beobachtungen von Knudsen wurden durch die neuen Meßreihen bestätigt.

Die elektrische Leitfähigkeitsmethode erreicht die Interferometergenauigkeit unter günstigen Bedingungen erst bei Temperaturkonstanzen von wenigen Tausendstel Grad, wodurch ihre praktische Durchführung sehr erschwert ist. Mit Hilfe einer Präzisionswechselstrombrücke mit angekoppeltem Röhrensender (800 Hertz) und Brückenstromverstärker, die im Gegensatz zu den einfachen Apparaturen der Carnegie-Expedition einwandfreie Messungen erlaubt, wurde der Temperaturkoeffizient bestimmt und tabellarisch festgelegt. Es gelang ferner, den sehr komplizierten Zusammenhang zwischen Dichte und Leitfähigkeit rechnerisch zu erfassen.

Nach der Veröffentlichung des gesamten Beobachtungsmaterials ist geplant, durch Vereinfachung der Interferometerkonstruktion ein für die ozeanographische Praxis geeignetes Bordinstrument zu entwickeln. (Vgl. vorläufige Mitteilung: W. Bein, H.-G. Hirsekorn und L. Möller, Journ. du Cons. Internat. L'Explor. de la Mer 8, 48—58, 1933, Nr. 1.)

71. **Zulassung von Gasmessern zur Eichung (Systemprüfungen).** (Weymann, Mentzel, Umpfenbach.) Es wurde wiederum eine größere Anzahl von Zulassungsanträgen erledigt, die einzelne neue Bauarten von Gasmessern, überwiegend aber Gasmesser mit Nebeneinrichtungen und solche für heraufgesetzte Tourenzahl betrafen. Auf dem Gebiete der Großgasmesser wurden zwei der schwebenden Verfahren bis auf die noch fehlende Veröffentlichung der Zulassung durchgeführt. Hervorzuheben ist die erstmalige Zulassung eines mit einem Mengenumwerter (Volumenreduktor) versehenen Großgasmessers.

Die Vorarbeiten für die Schaffung einer Versuchsanlage, die es dem Laboratorium ermöglichen würde, Systemprüfungen an großen und größten Gasmessern, auch an Strömungsmeßanlagen, mit eigenen Mitteln auszuführen, wurden fortgesetzt.

72. **Vorschriften für eichfähige Gasmesser.** (Weymann, Mentzel, Umpfenbach.) Der § 124 der Eichordnung (zulässige Gattungen von Gasmessern) erhielt eine neue, erweiterte Fassung, die in die demnächst zu veröffentlichende dritte Verordnung über Änderung der Eichordnung aufgenommen worden ist. In Vorbereitung späterer Vorschriften der Eichordnung und Instruktion wurde eine Mitteilung über die Bedingungen, unter denen Mengenumwerter an eichfähigen Kammergasmessern zugelassen werden sollen, ausgearbeitet und den Eichungsaufsichtsbehörden sowie den beteiligten Kreisen der Wirtschaft zur Begutachtung zugestellt. Der begonnene Entwurf einstweiliger Bestimmungen, nach welchem künftig Strömungsmeßanlagen als Gasmesser einer amtlichen Systemprüfung und der gesetzlichen Eichung unterworfen werden könnten, wurde weiter gefördert und dem Abschluß nahegebracht.

In Ergänzung bestehender Instruktionsvorschriften wurde ferner der Entwurf eines Zusatzes zur Instruktion vorbereitet über die eichtechnische Behandlung solcher Trommelgasmesser von 150 cbm Stundenleistung oder mehr, die mit einer Vorrichtung zum selbsttätigen Nachfüllen ausgerüstet sind. Hinzu kamen einige die Vorschriften berührende Regelungen und Entscheidungen von geringerer Bedeutung.

Außerdem wurde auf der Grundlage einer systematischen Einteilung der Gasmesser der Plan eines Neuaufbaues der bildlichen Darstellungen eichfähiger Gasmesser entworfen und mit seiner Durchführung, zunächst beispielsweise für einzelne Fälle, begonnen, wobei das Ziel verfolgt wird, den bildlichen Darstellungen in Zukunft die Form fortlaufender, nach einer bestimmten Ordnung zu sammelnder, beliebig ergänzbarer und auswechselbarer Einzelveröffentlichungen zu geben.

73. **Prüftätigkeit der Abteilung I.**

Laboratorium für Längenmaße. (Langbein, Lampe, Zipler, Neumann.)

20	(0)	Kryptonröhren,
152	(36)	rechtwinkelige Endmaße,
20	(10)	zylindrische Endmaße,
70	(26)	Endmeter,
13	(4)	Strichmeter,
5	(5)	Strichmaße unter 1 m,
4	(0)	Strichmaße über 1 m,
7	(34)	Jäderindrähte,
6	(4)	Bandmaße,
2	(2)	Objektmikrometer,
4	(0)	Meßkeile,
1	(4)	Blutkörperchenzählkammern,
2	(2)	Ausdehnungsbestimmungen,
17	(35)	Meßgeräte verschiedener Art für die Seeschiffsvermessung,
62	(43)	Meßgeräte verschiedener Art für die Zollverwaltung.
zusammen: 385	(205)	Gegenstände.

Laboratorium für Flüssigkeitsgeräte. (Thomas, Padelt.)

9 (8) Wassermesser, darunter 1 Trommelmesser,
5 (11) Scheibenmesser für Gasöl,
4 | (6) Scheibenmesser für Benzin,
1 | Scheibenmesser für Milch,
5 (0) Eichkolben.

Laboratorium für Gewichte, Getreideprober. (Schultze, Lenk, Weber.)

2 | Satz Hauptnormale der Gewichte von 10 kg bis 1 mg für die Bank von Portugal und Lissabon,
1 | (6) Satz desgleichen 500 bis 1 mg für das Landesamt für Maß und Gewicht in München,
1 | Satz Kontrollnormale der Gewichte von 500 bis 1 mg für das Hessische Haupteichamt, Abteilung 1, Darmstadt,
4 | Satz Arbeitsnormal-Gewichte der Abteilung I von 1000 g (500 g) bis 0,5 mg,
51 (42) analytische Gewichtssätze (davon 3 mit erhöhter Genauigkeit),
2 (0) Satz Anhängegewichte (je 12 Stück) für Torsionswaagen,
24 (29) Garngewichtssätze,
7 (17) Garnwaagen,
1 (0) Wägungen von Messingblechstreifen und Aluminiumfolien,
1 (0) Volumenbestimmung durch Wasserwägung von 100-g- bis 1-g-Gewichten aus Kontrazid.
2 (2) Desgleichen zylindrische 1-kg-Stücke aus vergoldetem (vernickeltem) Messing und zugehörige Wägungen in Luft für das Landesamt für Maß und Gewicht in München.
Volumen- und Massenbestimmung von
3 (1) gläsernen Schwimmkörpern (S. I—III) für Fundamentalversuche des Laboratoriums für Aräometrie,
3 (0) Literprober für Getreide (für Behörden),
5 (7) Zwanzigliterprober für Getreide (für Private am Aufstellungsort).

Laboratorium für Waagen. (Schönherr, Blum.)

102 Achsdruckmesser zum Polizeigebrauch,
3 Meßkeile für die Prüfung von Gleiswaagen ohne Gleisunterbrechung.

Laboratorium für Aräometrie, für Meßwerkzeuge für wissenschaftliche und technische Untersuchungen und medizinische Spritzen. (Hartmann, W. Hoffmann.)

476 (334) Aräometer,
90 (89) Meßwerkzeuge für wissenschaftliche und technische Untersuchungen.

Laboratorium für Gasmesser. (Weymann, Mentzel, Umpfenbach.)

32 Drehkolbengasmesser (Eichung),
2 Balgengasmesser,
1 Strömungsgasmesser mit Schwebekörper.

Abteilung II (Elektrizität und Magnetismus).

74. **Fortpflanzung von Ultraschallwellen in Röhren und Stäben.** (Giebe, Blechschmidt.) (Vgl. Wiss. Abh. 17, S. 303 und 343.)

75. **Untersuchungen an Metallkristallen.** (Goens.) Veröffentlicht wurde eine Mitteilung über die elastischen Konstanten des *Al*-Einkristalls (Wiss. Abh. 17, S. 167).

Die Ergebnisse hinsichtlich der physikalischen Eigenschaften von *Mg*-Einkristallen (vgl. ds. Ber. 1930) wurden für die Hauptveröffentlichung bearbeitet. Hierbei wurden die Messungen der thermischen Ausdehnung und der Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes in verbesserter Form wiederholt und auf tiefe Temperaturen ausgedehnt.

76. **Umwandlungswärme beim Kobalt.** (Steinwehr, A. Schulze.) Die Umwandlungswärmen der *H*-Umwandlung des Kobalts oberhalb 400° C, sowie der magnetischen Umwandlung oberhalb 1100° C sind an einem Kobaltblock von etwa 20 kg (Reinheitsgrad 98,1 Proz.) bestimmt worden.

77. **Umwandlungswärme beim Eisen.** (Steinwehr, A. Schulze.) An einem etwa 17 kg schweren Block aus vakuumgeschmolzenem Elektrolyteisen (99,97 Proz.) wurden die Umwandlungswärmen beim Curiepunkt (768°), sowie beim A_3-Punkt (906°) bestimmt. Die mit großen Schwierigkeiten verbundenen Untersuchungen beim A_4-Punkt (1401°) sind bereits im Gange.

78. **Untersuchungen über die magnetische Umwandlung.** (A. Schulze, Kußmann.) Im Anschluß an die Untersuchungen von v. Steinwehr und A. Schulze über die magnetische Umwandlung des Nickels wurde mit der Untersuchung der elektrischen und magnetischen Eigenschaften der bisher noch wenig geklärten Umwandlungsvorgänge in Legierungen begonnen, wobei zunächst einige *Ni*-Sorten verschiedenen Reinheitsgrades, sowie eine Reihe binärer Legierungen von *Ni* mit *Cu, Cr, Si, W, Al, Co, Fe* und von *Fe* mit *Cr* gemessen wurden. Hierbei ergab sich zunächst die Tatsache, daß das Verschwinden des Ferromagnetismus und der Wendepunkt in der Widerstands-temperaturkurve nicht zusammenfallen, wie dies bisher in der Literatur angenommen ist, sondern daß hier Temperaturdifferenzen auftreten, die vom reinen Metall ausgehend mit wachsender Konzentration zunehmen und in einzelnen Legierungen über 100° betragen können.

79. **Allotropieuntersuchungen an Metallen.** *a) Kalzium.* (A. Schulze, Graf.) Die Untersuchungen der bei 430° gefundenen allotropen Umwandlung des Kalziums wurden durch Messung der Widerstandstemperaturkurve, durch röntgenographische Aufnahmen, sowie durch Messung der Umwandlungswärme, die gemeinsam mit Herrn Moser ausgeführt wurde, fortgesetzt (Wiss. Abh. 17, S. 397 und 403).

b) Potentialmessungen im Umwandlungsgebiet. (Lob.) Es ist damit begonnen, die Änderungen des Potentials, die durch die verschiedenartigen Umwandlungen hervorgerufen werden, zu messen. Als erste wird die Umwandlung des β-Messings untersucht. Als Elektrolyte werden geschmolzene Salze verwendet.

80. **Widerstandsmaterialien.** (A. Schulze.) Um ein Urteil über die Verwendbarkeit der verschiedenen Widerstandsmaterialien, insbesondere der neuerdings von verschiedenen Seiten herausgebrachten Eisen-Chrom-Legierungen, die für besonders hohe Temperaturen verwendbar sind, zu erhalten, sind Versuche aufgenommen.

81. **Magnetostriktion.** (A. Schulze.) Es konnte gezeigt werden, daß für Eiseneinkristalle in den verschiedenen Kristallrichtungen die Magnetostriktion (Joule-Effekt) mit der Magnetisierung J durch die Beziehung:

$$\frac{\Delta l}{l} = C(J^2 - J_0^2)$$

zusammenhängt. Bei der starken Abhängigkeit der Größe J_0 von der Struktur des Materials wurde auch für den Grenzfall (sehr hoher Spannungszustand), für den $J_0 = 0$ wird, die Gültigkeit der obigen Beziehung nachgewiesen (Wiss. Abh. 17, S. 143).

82. **3. Tagung des Comité Consultatif d'électricité et de photométrie.** (v. Steinwehr.) Auf der 3. Tagung des Comité consultatif, die vom 31. Januar bis 3. Februar 1933 in Paris stattfand, wurde beschlossen, dem Comité international und der Generalkonferenz des Poids et Mesures vorzuschlagen, zu genehmigen, daß

1. prinzipiell der Übergang vom internationalen zum absoluten elektrischen Maßsystem vollzogen wird,
2. die vorläufige Festsetzung des Verhältnisses der absoluten zu den internationalen elektrischen Einheiten im Jahre 1935 erfolgen soll, und
3. das Comité international ermächtigt wird, den Termin des Übergangs zu den absoluten Einheiten festzusetzen, ohne die nächste Generalkonferenz abzuwarten, die erst im Jahre 1939 stattfinden wird.

Auf seiner vom 3. bis 10. Oktober 1933 stattgefundenen Tagung hat die Generalkonferenz diesen vom Comité international befürworteten Vorschlägen zugestimmt. Als voraussichtlicher Termin für die endgültige Einführung der neuen Einheiten wurde das Jahr 1937 ins Auge gefaßt.

83. **Stromwaage.** (v. Steinwehr, Gremmer.) Die Bestimmung des Wirkungsverhältnisses der festen und beweglichen Spulen wurde im Potsdamer Zweiglaboratorium der PTR zu Ende geführt. Mit den Arbeiten an der Waage ist begonnen worden. Ein zweiter Satz Spulen wurde hergestellt und bewickelt.

84. **Widerstandsnormale.** (v. Steinwehr.) Die Vergleichung der Manganinnormale und der Anschluß der Gebrauchsnormale an die Widerstandseinheit der PTR wurde mit dem gleich guten Ergebnis wie in den früheren Jahren durchgeführt.

85. **Belastungsfähigkeit von Normalwiderständen.** (v. Steinwehr.) Eine Mitteilung über die Belastungsfähigkeit von Normalwiderständen, die Gesichtspunkte für die Wahl des Drahtmaterials ergab, befindet sich im Druck.

86. **Quarzkopien.** (v. Steinwehr, Gremmer.) An Stelle der vor dem Kriege konstruierten Quarzkopien für das Quecksilberohm, denen noch Mängel anhafteten, wurden neue Quarzkopien entwickelt, mit deren Messung demnächst begonnen wird.

87. **Sekundäres Spannungsnormal.** (v. Steinwehr, A. Schulze.) Zur Schaffung eines sekundären Spannungsnormals wurden mehrere Bündel von je 50 hintereinandergeschalteten Thermoelementen aus reinsten Materialien nach hiesigen Angaben bei der Firma W. C. Heraeus in Hanau hergestellt. Mit der Montage dieser Elemente und den übrigen Vorarbeiten ist bereits begonnen.

88. **Internationale Vergleichungen der elektrischen Einheiten.** (v. Steinwehr.) Die Widerstands- und Spannungsnormale der staatlichen Institute der Sowjetrepublik und Polens wurden an die Normale der PTR angeschlossen.

89. **Vergleichung des absoluten und des internationalen Ohm.** (Zickner, Goens.) In Fortsetzung der im vorigen Jahre wieder aufgenommenen Untersuchungen (vgl. Tät.-Ber. 1932, Nr. 93) wurden die beiden für die neuen Ohmspulen in Aussicht genommenen Körper aus Quarzgut und Marmor in bezug auf ihre magnetischen Eigenschaften untersucht. Beide Körper erwiesen sich als schwach diamagnetisch. Die zahlenmäßigen Ergebnisse lassen Abweichungen des wirklichen Selbstinduktionswertes der Spulen von dem berechneten um einen Mindestbetrag erwarten, der sich für die Marmorspule auf $\sim -5 \cdot 10^{-6}$, für die Quarzspule auf $\sim -3 \cdot 10^{-6}$ beläuft.

Die Brückenanordnung wurde gegenüber der bei der früheren Ohmarbeit benutzten Form in verschiedener Hinsicht vervollkommnet.

90. **Einfache Meßbrücke für sehr große Kapazitäten.** (Zickner.) Die Anwendung einer von M. Wien im Prinzip angegebenen Schaltung auf die Messung sehr großer Kapazitäten ergab eine sehr einfache Anordnung mit einer Meßgenauigkeit von etwa 1 Proz.

91. **Quarzuhren.** (Scheibe, Adelsberger.) Die im Jahre 1932 neugebauten Quarzuhren III und IV — über den Temperaturkoeffizienten s. Tät.-Ber. 1932, Nr. 98 — wurden in diesem Jahre in Betrieb genommen.

Über die absoluten Gänge und Frequenzen der älteren Quarzuhren I und II ist zu sagen, daß in der Zeit von Januar bis August 1933 die mittlere Schwankung des monatlichen Mittels des Ganges $\pm 0{,}002$ sec beträgt; dies entspricht einer mittleren Schwankung des monatlichen Mittelwertes der absoluten Frequenz der beiden Uhren von etwa $\pm 2 \cdot 10^{-8}$. Die Uhren III und IV zeigen mit abnehmender Tendenz eine monatliche Gangänderung von $-0{,}0027$ sec, entsprechend einer Frequenzzunahme von $+3 \cdot 10^{-8}$. (Vgl. Wiss. Abh. 17, S. 257.)

Die Deutsche Seewarte in Hamburg ist seit September über eine Telegraphenleitung an die Quarzuhren angeschlossen.

92. **Abgabe von Normalfrequenzen.** (Scheibe, Adelsberger.) Das Reichspostzentralamt, Berlin-Tempelhof, und ein Prüffeld der Firma Telefunken, Berlin-Oberschöneweide, sind durch je eine Telegraphenleitung dauernd an die 1000-Hz-Stufe (998,8 Hz) der Quarzuhr III über Vorverstärker angeschlossen worden. Beiden Abnehmern steht damit im Dauerbetrieb eine bis auf $2 \cdot 10^{-8}$ genau bekannte Normalfrequenz für Meßzwecke zur Verfügung.

Die Abgabe einer Normalfrequenz ließ es wünschenswert erscheinen, die Frequenz genau auf den Sollwert von 1000 Hz abzugleichen. Da dies an den Uhren I bis IV nicht mehr ausführbar ist, wurde mit dem Bau einer hierfür geeigneten neuen Quarzuhr begonnen.

93. **Frequenzmeßmethode.** (Scheibe, Adelsberger.) Die Frequenzmessungen bis zu 10^7 Hz von Quarzoszillatoren oder Leuchtresonatoren werden jetzt allgemein so ausgeführt, daß die zu messende Frequenz — Frequenz des Quarzoszillators oder Frequenz eines auf den Leuchtresonator abgestimmten Senders — synchron mittels Frequenzteilerstufen bis auf 1000 Hz geteilt und mit der 1000-Hz-Frequenz einer Quarzuhr verglichen wird.

94. **Strommessung bei Hochfrequenz.** (Scheibe, Orgel.) Mit der Entwicklung von Methoden zur Messung hoher Ströme bei Hochfrequenz wurde begonnen. — Handelsübliche Thermodrehspulinstrumente zeigten bei $2 \cdot 10^7$ Hz ein Zuviel an Strom von 20 Proz. an.

95. **Dielektrische Verluste bei Hochfrequenz.** (Blechschmidt.) Untersuchungen über Meßmethoden zur Bestimmung dielektrischer Verluste bei Hochfrequenz im Bereich zwischen 10^6 und 10^8 Hertz sind begonnen.

96. **Dosimetrie überweicher Röntgenstrahlen.** (Behnken, Jaeger.) Die üblichen Faßkammern sind für die Messung der Dosis in r bei extrem weichen Röntgenstrahlen (in der Medizin als „Grenzstrahlen" bezeichnet) nicht brauchbar, weil in diesen Kammern die von den Strahlen zu durchsetzenden Luftstrecken bereits so lang sind, daß wegen der Absorption längs dieser Strecken beträchtliche Korrekturen angebracht werden müssen. Infolgedessen ändert sich auch die spektrale Zusammensetzung der Strahlen längs des Meßweges beträchtlich. Daher wurde für weiche Strahlen eine besondere Standardkammer mit möglichst kurzem Luftweg hergestellt, die bei mittleren Röhrenspannungen an die großen Faßkammern angeschlossen werden konnte. So gelingt die Ausmessung von Grenzstrahlenfeldern in r mit einer Genauigkeit von etwa ± 3 Proz. Mit ungefähr derselben Genauigkeit können Kleinkammern für Grenzstrahlen geeicht werden, nachdem sich herausgestellt hat, wie die zu vergleichenden Kammern anzuordnen sind, damit die anzubringenden Korrekturen nahezu eliminiert werden. Ein fester Prüfstand für Grenzstrahlendosismesser ist im Aufbau begriffen.

97. **Röhrenelektrometer.** (Jaeger.) Eine Dosismeßanordnung, bei welcher das Elektrometer durch ein Zeigergalvanometer mit Röhrenverstärker für Vollnetzanschluß ersetzt ist, wird zur Zeit entwickelt.

98. **Ionisationskammern für Industrielaboratorien.** (Behnken, Jaeger.) Für einige Industrielaboratorien (Osram, C. H. F. Müller) wurden kugelförmige Ionisationskammern aus Graphit hergestellt und geeicht, die besonders für Strahlenschutzmessungen geeignet sind, da sie in dem in Frage kommenden Spektralbereich hinreichend wellenlängenunabhängig und dabei in Verbindung mit einem geeigneten Elektrometer so empfindlich sind, daß sie noch Dosisleistungen von 10^{-7} r/sec zu messen erlauben.

99. **Messung von Stromnormalen (Uranstandards).** (Jaeger.) Um die für die Dosismessereichungen erforderlichen Stromnormale (Uranstandards und -kompensatoren) laufend bequem messen zu können, wurde ein Meßstand aufgebaut, an welchem sich Ionisationsströme von 10^{-13} bis 10^{-10} A nach verschiedenen Methoden (Kohlrausch, Townsend) messen lassen.

100. **Messungen an extrem harten Strahlen.** (Jaeger.) Die Versuche zur Bestimmung der Absorptionseigenschaften extrem harter Strahlen in Abhängigkeit von der Ordnungszahl des absorbierenden Elementes wurden an der Gammavoltanlage der Charité (gemeinsam mit Herrn Herrmann) fortgesetzt.

101. **Röntgenspektrometer mit Geiger-Zählrohr.** (Behnken.) Versuche, das Geiger-Müllersche Zählrohr im Röntgenspektrometer zu verwenden, insbesondere zur Ermittlung der kurzwelligen Grenze des Spektrums, ergaben bisher bis zu Röntgenröhrenspannungen von etwa 150 kV befriedigende Ergebnisse.

102. **Prüfung von Diagnostikröhren.** (Behnken.) Es wurde die Ausarbeitung eines Prüfverfahrens zur quantitativen Ermittlung der Zeichenschärfe von Diagnostikröhren in Angriff genommen.

103. **Prüfdosismesser zur Mitnahme auf Reisen.** (Behnken, Graf, Jaeger.) Zur Prüfung von Röntgenapparaten wurde, besonders zur Verwendung auf Reisen, ein universell verwendbarer Dosismesser konstruiert, der für alle in Frage kommenden Strahlenqualitäten von den Grenzstrahlen bis zu den Strahlen der Tiefentherapie brauchbar und dessen Empfindlichkeit weitgehend veränderlich ist, so daß Dosisleistungen bis herab zu 10^{-8} r/sec gemessen werden können. Vermöge dieser hohen Empfindlichkeit eignet sich das Gerät auch zu Messungen an extrem stark gefilterter Strahlung, z. B. bis zu 50 mm *Cu* bei 150 kV Röhrenspannung. Derartige Messungen, die Rückschlüsse auf den Verlauf von Absorptions- und Streukoeffizienten ermöglichen, wurden bereits ausgeführt und sollen fortgesetzt werden.

104. **Kristallstrukturuntersuchungen.** (Graf.) Reines *Ca* wurde in der Debye-Scherrer-Kammer bei Temperaturen zwischen 20 und 500° C untersucht. Bei Temperaturen bis zu 350° C traten nur Rekristallisationserscheinungen auf, durch die anderweitig beobachtete Eigentümlichkeiten der Eigenschaftskurven des *Ca* ihre Erklärung finden. Bei etwa 450° C dagegen konnte eine von A. Schulze vermutete allotrope Umwandlung bestätigt werden. Als oberhalb von 450° beständige β-Phase wurde ein kubisch-raumzentriertes Gitter gefunden. Im Gegensatz hierzu steht eine Veröffentlichung von F. Ebert, H. Hartmann und H. Peisker (Zeitschr. f. anorg. Chem. **213**, 126, 1933), die eine hexagonale Struktur angeben. Versuche zur Klärung dieser Diskrepanz sind noch im Gange.

Gemeinsam mit dem Magnetischen Laboratorium wurden größere Untersuchungsreihen am binären System *Pt-Cr* abgeschlossen. Versuche am System *Pt-Fe*, das ein magnetisch besonders interessantes Verhalten zeigt, wurden begonnen.

Eine größere Anzahl von Strukturbestimmungen an Eisenhydroxyden wurde auf Anregung von Dir. Gehrcke ausgeführt.

105. **Internationale Regeln für Meßgeräte.** (Schmidt.) Auf einer Tagung der Meßinstrumentenkommission der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (Juli 1933 in Paris) wurden die von Deutschland vorgeschlagenen Regeln für Meßgeräte zur Beratung gestellt. Es gelang, die Vorschläge in allen wesentlichen Punkten zur Annahme zu bringen; die vorbereitenden Arbeiten lagen wie bisher in den Händen des Vertreters der Reichsanstalt.

106. **Vereinfachter Kompensationsapparat.** (Schmidt.) Im Tätigkeitsbericht 1931 ist ein Kompensationsapparat mit nur einer Kurbel für die Prüfung von Zeigermeßinstrumenten beschrieben worden. Es wurde ein Verfahren entwickelt, das unter Anwendung eines derartigen abgeänderten Apparates gestattet, die Fehler von Meßinstrumenten mit der höchsten, sonst nur durch kostspielige Apparate erreichbaren Präzision zu bestimmen.

107. **Neukonstruktion der Wechselstromnormalwiderstände.** (Rump.) Die Neukonstruktion der Wechselstromnormalwiderstände, vergl. Tätigkeitsbericht 1933, wurde weiter durchgeführt.

108. **Verbesserungen im Bau eines hochempfindlichen Vibrationsgalvanometers.** (Rump.) In der Konstruktion eines hochempfindlichen Nadelvibrationsgalvanometers sind weitere Verbesserungen erzielt. Es gelang, durch besondere Auswahl des Nadelmaterials und geeignete Dimensionierung der Nadel und der Spule ein Galvanometer zu entwickeln, dessen Rückwirkungsfaktor etwa 2 ist, ein Wert, der sich nach den früher an unempfindlicheren Instrumenten gemachten Erfahrungen als besonders günstig erwiesen hat. Bei diesem Wert erhält man das Maximum der Spannungsempfindlichkeit und eine genügende Unabhängigkeit der Eigenschaften des Instrumentes von der jeweils benutzten Meßanordnung.

Die Konstruktion des tragbaren Vibrationsgalvanometers ist ebenfalls zum Abschluß gebracht. Es ist, im Gegensatz zu den Instrumenten für ortsfesten Einbau, mit Hilfe eines permanenten Magneten abstimmbar. Der Lichtweg des Galvanometers beträgt nur 25 cm; trotzdem ist seine Empfindlichkeit um ein Mehrfaches größer als die der bisher in der Meßtechnik verwendeten ortsfesten Instrumente mit einem Lichtweg von 1 m Länge. Die fabrikationsmäßige Herstellung dieser Instrumente ist in Vorbereitung.

109. **Piezoelektrischer Oszillograph.** (Hohle.) Zur Überwachung der Kurvenform bei Spannungswandlerprüfungen wurde gemeinsam mit W. v. Philippoff vom Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie ein verbessertes System des von ihm entwickelten piezoelektrischen Oszillographen (Elektrotechn. Zeitschr. 53, 405, 1932) in der Reichsanstalt gebaut. Das System hat eine Empfindlichkeit von etwa 130 V/mm bei 1,5 m Lichtzeigerlänge und ist für Frequenzen bis etwa 10000 Hz brauchbar. Unmittelbar können Spannungen bis 5 kV angelegt werden.

110. **Abhängigkeit der Fehler von Meßwandlern von der Kurvenform.** (Hohle.) Der Einfluß der Kurvenform auf die Fehler von Strom- und Spannungswandlern wird systematisch untersucht. Bei den Vorversuchen betrugen die Abweichungen im Maximum etwa 0,1 Proz. und 5 Minuten an Stromwandlern, wenn mit verschiedenen Maschinen gemessen wurde. In Übereinstimmung mit der Theorie ergab sich bei Stromwandlern eine Abhängigkeit dieser Abweichungen von der Bürde.

111. **Prüfung von Meßwandlern.** (Hohle.) *a) Stromwandler.* Die im Tätigkeitsbericht 1932 unter Nr. 114 erwähnte tragbare Stromwandlerprüfeinrichtung wurde fertiggestellt (Wiss. Abh. 17, S. 295).

b) Spannungswandler. Zum Prüfen von Spannungswandlern wurde ein Nullverfahren entwickelt. Die fabrikationsmäßige Herstellung dieser Einrichtung ist in Vorbereitung.

112. **Untersuchung an elektrischen Freiloten.** (Scheld.) Es wurde eine Untersuchung der Wirksamkeit der elektrischen Einrichtungen eines Fabrikats von Freiloten vorgenommen und die Grenzen der Wirksamkeit dieser Einrichtungen und ihrer Sicherheitsvorrichtungen festgelegt.

113. **Schreckwirkung durch elektrische Ströme.** (R. Vieweg.) Es wurde untersucht, welche Stromstärke bei Berührung von Kondensatoren, z. B. in Entstörungsanlagen, durch Menschen noch ertragen werden kann. Es ergab sich, daß bei Stromdurchgang zwischen beiden Händen mehr als die Hälfte der Versuchspersonen bei Stromstärken bis zu 0,5 mA den „ersten Schreck" empfand. Etwa die Hälfte der Personen wünschte bei Steigerung der Stromstärke bei Werten bis zu 1 mA „nicht mehr" (Wiss. Abh. 17, S. 247).

114. **Kriechstromfestigkeit von Isolierpreßstoffen.** (R. Vieweg.) Das Verhalten der verschiedenen Typen von Isolierpreßstoffen gegenüber Kriechströmen wurde untersucht. Hauptaufgabe der Versuche war, Unterlagen zu Prüfvorschlägen für eine künftige allgemeine Untersuchung von Isolierpreßstoffen auf Kriechstromfestigkeit zu gewinnen.

115. **Ozonfestigkeit isolierter Leitungen.** (R. Vieweg, Nitka.) Es wurden Versuche über das Verhalten von Starkstromleitungen, besonders mit Gummiisolation gegenüber Ozon ausgeführt und ein einfaches Prüfverfahren entwickelt. Es zeigte sich, daß sowohl mit Spezialgummimischungen wie mit nichtgummihaltigen Isolierstoffen brauchbare ozonfeste Leitungen hergestellt werden können.

116. **Dielektrizitätskonstante von Pulvern.** (R. Vieweg, Nitka.) Es wurde ein für praktische Zwecke geeignetes Verfahren zur Messung der Dielektrizitätskonstante von pulverförmigen Isolierstoffen bei Niederfrequenz (50 Hz) ausgearbeitet.

117. **Kathodenstrahloszillograph.** (Pfestorf, Nitka.) Der Kathodenstrahloszillograph der Reichsanstalt wurde vervollkommnet, so daß nunmehr Aufnahmen mit hoher Schreibgeschwindigkeit sicher möglich sind. Mit ihm wurden Prüfungen von Überspannungsschutzgeräten mit normalisierten Wanderwellen von bestimmter einstellbarer Spannungshöhe, Steilheit und Halbwertszeit und Untersuchungen zum Durchlagproblem in Angriff genommen.

118. **Stabilität von Kabelisolierölen.** (R. Vieweg, Pfestorf.) Die Untersuchung von Kabelisolierölen im verbesserten Kabelphantom wurde abgeschlossen und veröffentlicht (Wiss. Abh. 17, S. 155).

119. **Elektrische Messungen an kleinen Isolierstoffproben.** (R. Vieweg, Pfestorf.) Während bisher die elektrischen Messungen an Isolierstofftypen hauptsächlich an besonders hergestellten Normalstäben vorgenommen wurden, besteht neuerdings die Aufgabe, die elektrischen Eigenschaften der dem fertigen Installationsgerät entnommenen Stoffprobe selbst zu erfassen. Die Aufstellung einer neuen Abstufung der üblichen Typen auf Grund von Messungen des Oberflächen- und des Durchgangswiderstandes an kleinen Prüfkörpern ist im Gange.

120. **Dauerprüfung technischer Kondensatoren.** (R. Vieweg, Pfestorf.) Prüfungsanträge boten Veranlassung, an Papierkondensatoren für Rundfunkzwecke (Kap. etwa 1 μF) Untersuchungen über das Verhalten im Dauerbetrieb auszuführen. Die Messungen erstreckten sich auf Spannungsbeanspruchungen bis zum Durchschlag in Abhängigkeit von der Dauer der Spannungseinwirkung (Lebensdauerkurven) und wurden ergänzt durch gleichzeitige dauernde Überwachung des Verlustfaktors. Das Ergebnis zeigte, daß im Gegensatz zur üblichen Auffassung bei den untersuchten Kondensatoren eine Zerstörung durch Erwärmung unter starkem Ansteigen des Verlustfaktors erst bei mehr als der vierfachen Betriebsspannung eintrat.

121. **ÖI- und Lagerversuche.** (V. Vieweg, Kluge, Brion.) Die Versuche an der Lagerprüfmaschine (vgl. Tätigkeitsbericht 1931, Nr. 117a und 1932, Nr. 125) wurden fortgesetzt.

122. **Schlupfmessungen an Wälzlagern.** (Kluge, Linckh.) Für die Untersuchung von Wälzlagern wurde ein stroboskopisches Verfahren ausgearbeitet, das die Schlupfdrehzahl des Käfigs auf Bruchteile einer n/min zu messen gestattet.

123. **Untersuchung von Drehzahlreglern.** (Kluge.) Für einen Motorantrieb konstanter Drehzahl wurde ein auf dem Fliehkraftprinzip aufgebauter Schnellregler stroboskopisch untersucht.

124. **Piezoelektrische Druckmessung.** (Kluge, Linckh.) Zur Weiterentwicklung des Drehbeschleunigungsmessers hinsichtlich Empfindlichkeit und Eigenfrequenz wurden Modellversuche ausgeführt. Für die allgemeine Verwendung der Braunschen Röhre in Verbindung mit der piezoelektrischen Druckmeßmethode wurde eine Arbeit über Versuche am Verbrennungsmotor abgeschlossen und veröffentlicht (Wiss. Abh. 17, S. 185).

125. **Neue Prüfeinrichtung für Netzfrequenzmesser.** (Kluge.) Für die Prüfung von Frequenzschreibern mit einem Meßbereich von z. B. 49,5 bis 50,5 Hz wurde eine neue Prüfeinrichtung geschaffen, mit der die erforderliche Genauigkeit von mindestens 0,01 Proz. erreicht werden kann.

126. **Verbesserung der magnetischen Meßeinrichtung.** *a) Verlustmessung.* (Steinhaus, E. Schoen.) Die im vorjährigen Bericht erwähnten Untersuchungen an Epsteinnormalen wurden durch Messungen nach zwei Brückenmethoden (nach Hohle) erweitert. Dabei ergab sich eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen der absoluten Dynamometer- und Differentialmethode.

b) Messungen an Aluminiumnickelstählen. (Steinhaus, E. Schoen.) Die Untersuchung der neuen Aluminium-Nickelstähle, welche Koerzitivkräfte von 500 bis 600 CGS aufweisen, und infolgedessen eine Magnetisierung in Feldern von mindestens 8 bis 10000 CGS (zur Erlangung praktischer Sättigung sogar von etwa 20000 CGS) verlangen, kann nur in Elektromagneten durchgeführt

werden. Bei der Aufnahme der Hystereseschleife in Teilsprüngen muß man daher wegen der merklichen Relaxationszeit des magnetischen Kreises ein ballistisches Galvanometer größerer Schwingungsdauer benutzen. Als Proben werden kurze Zylinder verwendet, die nicht in die Basis der Flachpole des Elektromagneten hineinragen dürfen; anderenfalls ergeben sich unerwünschte Störungen in der Feldverteilung.

c) Photographische Registrierung von Magnetisierungskurven. (Steinhaus, E. Schoen.) Die Einrichtung zur photographischen Aufnahme von Hystereseschleifen wurde für fast alle vorkommenden Zwecke weiter ausgebaut. Der zyklische Verlauf des magnetisierenden Stromes wird durch einen rotierenden Spannungsteiler selbsttätig bewirkt. Durch kontinuierliche Verminderung des vorgeschalteten Widerstandes läßt sich außer der Schleife auch leicht die Kommutierungskurve aufzeichnen. Die Aufnahme solcher Schleifen dauert 5 bis 10 Sekunden, ihre Auswertung nach dem Entwickeln und Trocknen einige Minuten. Man erhält qualitative Werte der Remanenz, Koerzitivkraft, Anfangs-, Maximalpermeabilität, Sättigung, Energievergeudung und von $(\mathfrak{B}\mathfrak{H})_{max}$.

d) Messungen an schwach magnetischen Stoffen. (Kußmann.) Für die Prüfung dia- und paramagnetischer Körper wurden eine Meßanordnung nach dem Prinzip der Weiß-Foexschen Pendelwaage, für schwach ferromagnetische Körper eine Isthmuseinrichtung mit Probeabzug ausgebildet.

127. Einfluß der chemischen Zusammensetzung und thermischen Behandlung auf die Magnetisierbarkeit ferromagnetischer Metalle und Legierungen. *a) Legierungen mit hoher Anfangspermeabilität.* (Steinhaus, Kußmann, Scharnow.) Die Arbeiten an hochpermeablen Werkstoffen auf *Ni-Fe*-Basis (Permalloy- und Megaperm-Legierungen) wurden durch eine Untersuchung des Dreistoffsystems *Fe-Ni-Mn* mit insgesamt 76 Legierungen zu einem vorläufigen Abschluß gebracht. Als Resultat ergab sich, daß für das Auftreten der extrem hohen Permeabilitätswerte bei 78 Proz. *Ni* neben den magnetomechanischen Erscheinungen (dem Fehlen bzw. Verschwinden der Magnetostriktion) auch den strukturellen Vorgängen eine wesentliche Bedeutung zukommt. Ausgehend von der Konzentration Ni_3Mn auf der Nickel-Mangan-Achse erstreckt sich eine geordnete Atomverteilung quer durch das Konzentrationsdreieck bis zu der Stelle Ni_3Fe, wobei jeweils *Mn*-Atome isomorph durch Eisen ersetzt werden. Die Auffassung von Dahl, daß in dem System Nickeleisen eine Überstruktur auftritt, dürfte damit bestätigt sein. Die Erscheinungen werden außerordentlich kompliziert durch Aushärtungsvorgänge geringfügiger Beimengungen, deren Einfluß auf die Eigenschaften im einzelnen untersucht und diskutiert wurde. (Vgl. A. Kußmann, B. Scharnow u. W. Steinhaus, Über das Permalloy-Problem, Heraeus-Vakuumschmelze-Festschr. S. 310—338, 1933.)

b) Fe-Cr-Legierungen. (Kußmann, Ochsenfeld.) Es wurde das Zustandekommen hoher Sprödigkeit bei wärmebehandelten *Fe-Cr*-Legierungen mit etwa 50 Proz. *Cr* nach magnetischen und elektrischen Verfahren untersucht. Die Messung ergab, daß diese Erscheinung ursächlich an das Auftreten der Verbindung *Fe-Cr* geknüpft ist, die sich in bestimmten Temperaturbereichen mit geringer Geschwindigkeit aus dem Mischkristall bildet und gegenüber dem letzteren wesentlich geänderte Eigenschaften besitzt. Geschwindigkeit der Umwandlung und Grenzkonzentration ihres Bereichs wurden festgelegt.

128. *Pt-Cr*-Legierungen. (Kußmann.) Zur Klärung der Frage nach dem Zusammenhang zwischen Ferromagnetismus und Struktur bei Legierungen aus unmagnetischen Komponenten wurde, gemeinsam mit E. Friederich von der Firma Osram, das System Platin-Chrom, das besonders einfache Verhältnisse verspricht, nach magnetischen, elektrischen, mikrographischen und röntgenographischen Verfahren untersucht. Die Messungen hatten das Ergebnis, daß der Ferromagnetismus, der etwa halb so groß ist wie der des Nickels, hier an eine Phase mit nicht geordneter Verteilung, und zwar an einen platinreichen Mischkristall mit gegenüber dem reinen Platin nur unmerklich geändertem Gitterparameter geknüpft ist. Hand in Hand mit dem Auftreten einer chromreicheren Kristallart auf der Basis der Verbindung $Pt\,Cr_3$ verschwinden dagegen die ferromagnetischen Eigenschaften, so daß im Gegensatz zu den Heußlerschen Legierungen hier die ungeordnete Phase Träger der Magnetisierbarkeit ist, während der geordneten Phase nur Paramagnetismus zukommt.

129. Betrieb. (V. Vieweg, Linckh.) Für den Betrieb wurde ein Regeltransformator von 100 kVA aufgestellt, dessen Spannung stufenlos von 0 bis 500 Volt geändert werden kann. Die Betätigung kann von jedem Laboratorium aus erfolgen. Die ältere Schaltanlage für die Hochspannungsmaschinen wurde durch den Einbau eines neuen Linienwählers mit Signaleinrichtung umgebaut. Die allgemeinen Schalt- und Sicherheitseinrichtungen der Schaltanlage wurden erweitert und ergänzt. Ferner wurden die laufenden Reparaturen an Batterien und Ladeeinrichtungen ausgeführt.

130. **Prüftätigkeit der Abteilung II.**

Laboratorium für Grundeinheiten. (v. Steinwehr, Schulze.)

1 (15) Leitungsmaterial,
2 (3) Widerstandsmaterial,
100 (186) Normalwiderstände,
38 (141) Widerstandsapparate einschl. Verzweigungswiderstände und Niederspannungsteiler [898 (1086)] Abteilungen,
123 (66) Internationale Westonelemente,
3 (5) Westonelemente mit bei 4° C ges. Lösung,
14 (0) Merkurosulfat für Normalelemente.

Die Abweichungen vom Sollwert lagen bei 108 internationalen Westonelementen zwischen $\pm 1 \cdot 10^{-4}$, bei 15 Elementen waren sie größer.

Für die Laboratorien der PTR wurden 41 Normalwiderstände, 6 Widerstandsapparate (mit 217 Abteilungen), 6 Normalelemente geprüft und 4 Leitfähigkeitsbestimmungen von Lösungen ausgeführt.

Laboratorium für Wechselstromnormalien. (Zickner.)

40 (37) Induktivitäten von Spulen,
350 (365) Kapazitäten von Kondensatoren,
142 (82) Verlustwinkel von Kondensatoren,
1 (1) Kapazitätsmeßbrücken,
8 (0) Kabelproben,
67 (99) Widerstände von Spulen bei Gleich- und Wechselstrom,
9 (23) Spulenkapazitäten.

Für die Laboratorien der Reichsanstalt wurden geprüft:

6 (8) Induktivitäten von Spulen,
69 (14) Kapazitäten von Kondensatoren,
45 (7) Verlustwinkel von Kondensatoren.

Hochfrequenzlaboratorium. (Scheibe, Adelsberger.)

71 (62) Wellenlängen,
90 (131) Resonatoren,
12 (0) Stromstärken bei Hochfrequenz,
16 (10) Oszillatoren,
1 (0) Bildtelegraphenfrequenz (Fernmessung).

Röntgenlaboratorium. (Behnken, Jaeger, Graf.)

9 (33) Röntgenstrahlendosismesser,
5 (2) Röntgenstrahlenschutzstoffe,
4 (8) Strahlenschutzsysteme,
2 (2) Änderungen an früher geprüften Systemen.

Gleichstromlaboratorium und Referat für das elektrische Prüfwesen. (Schmidt, Scheld.)

34 (25) Apparate zur Messung der Spannung und Stromstärke,
55 (58) Apparate zur Messung der Leistung,
2 (15) Apparate zur Messung der Arbeit (Elektrizitätszähler),
3 (12) Meßzweige für Strom- und Spannungswandler,
3 (3) Vor- und Nebenwiderstände,
28 (25) Sonstige Widerstände,
46 (12) Primärelemente,
22 (12) Systemprüfungen von Gleich- und Wechselstromzählern,
6 (1) Verschiedenes.

Für die einzelnen Laboratorien der Reichsanstalt wurden geprüft:

46 (77) Normalwiderstände, Strom-, Spannungs- und Leistungsmesser.

Es wurden zur Beglaubigung zugelassen:

3 neue Systeme und 17 Abänderungen bzw. Zusätze von Elektrizitätszählern. Die Zulassung zur Beglaubigung wurde in 2 Fällen für Elektrizitätszähler abgelehnt.

Eine Übersicht über die Tätigkeit der Prüfämter gibt die folgende Tabelle.

Übersicht über die Tätigkeit der Prüfämter.

Elektrisches Prüfamt Nr.	Elektrizitätszähler							Andere Apparate				
	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	*k*	*l*	*m*
1. Ilmenau	17581	5767	2078	2098	11551	3382	1274	12	76	129	53	—
2. Hamburg	119	104	69	2	15	6	2	—	3	33	33	198
3. München	35935	20225	3090	7435	1371	206	148	2375	92	468	296	161
4. Nürnberg	2987	26	2	18	312	39	44	38	50	62	144	184
5. Kaiserslautern	1475	15	1	13	1458	560	462	—	—	—	—	—
6. Frankfurt a. M.	26805	21	5	6	1499	198	19	373	220	52	—	14
7. Bremen	18879	246	38	182	136	35	52	39	—	102	43	1
8. Königsberg i. Pr.	1525	846	235	351	678	83	48	—	—	20	—	—
9. Halle	1124	92	24	31	996	279	75	5	—	27	—	—
10. Essen	117189	158	5	5	25484	7508	3767	19	686	115	61	265
11. Ravensburg	12914	204	59	81	9582	2663	1512	267	119	55	—	—
12. Wuppertal-Oberbarmen	14749	34	3	6	63	11	3	787	376	133	6	—
13. Kassel	13712	4494	1266	2047	2854	930	600	558	54	99	—	—
14. Oranienburg	40331	—	—	—	—	—	—	—	172	4	—	—
15. Stuttgart	17451	6721	1067	1840	2828	554	298	4889	313	16	—	—
16. Kiel	13563	2991	1746	543	8105	3184	672	469	108	120	—	—
17. Rendsburg	7049	34	7	17	567	165	207	87	55	28	—	—
18. Berlin	164576	9500	1068	227	3642	543	52	2311	440	123	—	—
19. Rathen	12678	35	10	4	150	33	17	151	214	28	—	—
20. Gleiwitz	14339	—	—	—	4409	1428	614	68	186	96	—	—
21. Hannover	13651	—	—	—	—	—	—	3909	63	28	—	—
22. Magdeburg	9978	—	—	—	7635	2142	653	1816	168	66	—	—
23. Hameln	6644	5	3	1	10	6	2	131	—	32	—	—
24. Dresden	48	—	—	—	—	—	—	—	—	32	—	—

a Gesamtzahl der geprüften Zähler.
b Gebrauchte Gleichstromzähler, die vor Instandsetzung und Einregulierung geprüft wurden.
c Zähler unter *b*, die die Beglaubigungsfehlergrenzen nicht einhielten.
d Zähler unter *b*, die die Verkehrsfehlergrenzen nicht einhielten.
e Gebrauchte Wechselstromzähler, die vor Instandsetzung und Einregulierung geprüft wurden.
f Zähler unter *e*, die die Beglaubigungsfehlergrenzen nicht einhielten.
g Zähler unter *e*, die die Verkehrsfehlergrenzen nicht einhielten.
h Tarifuhren, Zeitzähler und andere Nebenapparate.
i Strom- und Spannungswandler.
k Strom-, Spannungs- und Leistungsmesser und andere Meßgeräte.
l Isolations- und Installationsmaterial.
m Elektrische Gebrauchsgegenstände.

Im Rahmen der für die Weiterentwicklung des amtlichen Prüfwesens geplanten Organisation wurden die folgenden Prüfämter neu errichtet:

Nr. 21 in Hannover bei dem Städt. Elektrizitätswerk, Hannover,
Nr. 22 in Magdeburg bei der AG. Magdeburger Versorgungsbetriebe,
Nr. 23 in Hameln bei dem Elektrizitätswerk Wesertal G. m. b. H. in Hameln,
Nr. 24 in Pirna bei der Aktiengesellschaft Sächsische Werke in Dresden,
Nr. 25 in Neiße bei dem Überlandwerk Oberschlesien in Neiße,
Nr. 26 in Striegau bei dem Zweckverband Überlandzentrale Mittelschlesien in Striegau.

Die Eröffnung weiterer Prüfämter ist in Vorbereitung.

Wechselstromlaboratorium. (Schmidt, Hohle, Rump.)

12 (3) Spannungs- und Stromzeiger,
61 (58) Leistungsmesser,
34 (30) Elektrizitätszähler im Laboratorium,
1 (2) Elektrizitätszähler im Betriebe,
76 (131) Strom- und Spannungswandler,
7 (20) Zeitkonstanten von Widerständen,
3 (11) Meßzweige für Strom- und Spannungswandler,
2 (1) Stromwandlerprüfeinrichtungen,
2 (3) Selbstinduktionsspulen,
1 (1) Heizapparat,
5 (3) Schalter, Steckvorrichtungen u. dgl.,
3 (0) Kleintransformatoren,
3 (4) Verschiedenes,
6 (1) Systemprüfungen von Stromwandlern,
1 (2) Systemprüfung von Spannungswandlern.

Hochspannungslaboratorium. (R. Vieweg, Pfestorf.)

7 (6) Kondensatoren für Hochspannung,
2 (4) Hochspannungsapparate,
505 (802) Sorten fester Isolierstoffe,
11 (5) Sorten Isolatoren,
3 (6) Sorten vergießbare Massen und Lacke,
9 (17) Sorten Öle,
107 (28) Sorten Kabel und Leitungen,
12 (15) Sorten Isolierüberzüge,
46 (25) Verschiedenes.

Maschinenlaboratorium. (V. Vieweg, Linckh, Kluge.)

8 (5) Motoren und Generatoren,
3 (2) Transformatoren,
3 (0) Anlasser,
7 (7) Apparate,
2 (5) Abnahmemessungen.

Magnetisches Laboratorium. (Steinhaus, Kußmann.)

32 (24) Proben Flußeisen, Gußeisen, Magnetstahl,
49 (49) Proben Dynamo- und Transformatorenblech,
8 (0) Proben dia- und paramagnetischer Stoffe,
3 (0) Proben ferromagnetischer Sonderlegierungen,
2 (1) Elektromagnete.

Von den Blechproben wurden 21 (20) wattmetrisch — 49 (90) Verlustziffern — 25 (22) statisch und 3 (0) auf Anfangspermeabilität untersucht.

Abteilung III (Wärme und Druck).

131. **Zustandsgleichung der Gase.** (Otto.) Die im Amsterdamer Natuurkundig Laboratorium gemeinsam mit Michels und Wouters ausgeführten Meßreihen über Stickstoffisothermen sind berechnet und zur Veröffentlichung vorbereitet worden. In der folgenden Tabelle sind die Differenzen $\Delta = pv_{\text{PTR}} - pv_{\text{Amsterdam}}$ an einigen vergleichbaren Meßpunkten zusammengestellt; sie zeigen eine sehr gute Übereinstimmung.

Atm.	0°		50°		100°		150°	
	pv_{PTR}	$\Delta \cdot 10^4$	pv_{PTR}	$\Delta \cdot 10^4$	pv_{PTR}	$\Delta \cdot 10^4$	pv_{PTR}	$\Delta \cdot 10^4$
50	0,9851	+ 2	1,1885	+ 1	1,3854	0	1,5786	− 1
100	0,9861	+ 7	1,2044	− 1	1,4123	0	1,6136	0
150	1,0036	+ 3	1,2312	− 3	1,4474	+ 3	—	—
200	1,0374	+ 13	1,2690	− 2	1,4908	+ 19	—	—

132. Gasthermometrische Messungen zwischen −185° und −260°. (Henning, Otto.) Es wurde ein neues Gasthermometer hergestellt, in das ein Platinwiderstands- und ein Tensionsthermometer eingebaut ist. Mit ihm werden in einem verbesserten Thermostaten die Anschlußmessungen des Platinwiderstandsthermometers an das Heliumgasthermometer fortgesetzt.

133. Widerstandsthermometer aus Blei und Gold. (Henning, Otto.) Widerstandsthermometer aus Blei und Gold wurden zwischen 14 und 78° abs. mit dem Platinwiderstandsthermometer Nr. 204, das früher an das Heliumgasthermometer angeschlossen worden war, verglichen. Die Widerstandsverhältnisse R_t/R_0 zweier Bleithermometer verschiedenen Reinheitsgrades $-R_t/R_0$ betrug bei 20,4° abs. 0,0303 bzw. 0,0336 — lassen sich mit einer Genauigkeit von wenigen hundertstel Graden durch die Beziehung:

$$R_t/R_0 = a + (b + cT + dT^2) \cdot D\,(90/T)$$

darstellen, wobei $D\,(90/T)$ die Debyefunktion bedeutet. Die Konstanten a bis d können aus den R_t/R_0-Werten bei leicht herstellbaren Temperaturen — 14°, 20,4°, 61,7° und 78° abs. (Tripelpunkte und normale Siedepunkte von H_2 und N_2) — berechnet werden. Die Auswertung der Beobachtungen mit den Goldthermometern ist noch nicht beendet.

134. Prüfung hochgradiger Quecksilberthermometer. (Heuse.) Zur Aufklärung der Verschiedenheiten, die sich bei der Eichung von Thermometern in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und im National Physical Laboratory in Teddington herausgestellt hatten, wurde eine Vergleichung von Instrumenten und Prüfmethoden der beiden Staatslaboratorien eingeleitet. Soweit die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in Betracht kommt, sind die Versuche abgeschlossen. Sie geben keine Veranlassung, an dem Prüfungsverfahren der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt Änderungen vorzunehmen.

135. Genauigkeit von Quarzglasplatinwiderstandsthermometern. (Heuse.) Ein Antrag, die Konstanten von Platinwiderstandsthermometern, bei denen der Meßdraht in Quarzglas eingeschmolzen war, mit größerer Genauigkeit als vorher üblich zu bestimmen, gab zu einer eingehenden Untersuchung derartiger Instrumente Anlaß. Es ergab sich, daß die einer bestimmten Temperatur entsprechenden Widerstände, wenn der Zustand von einer höheren Temperatur erreicht wird, größer sind, als wenn die Einstellung von niedrigeren Temperaturen aus erfolgt. Die Unterschiede können im Höchstfall eine Unsicherheit der Temperaturbestimmung von etwa 1° veranlassen.

136. Systemprüfung von Fernschreibethermometern für Molkereibetriebe. (Heuse, Moser.) Auf Grund des befriedigenden Ergebnisses bei der Prüfung von über 900 Fernschreibethermometern für Sammelmolkereien ist durch Runderlaß des preußischen Ministers des Innern vom 31. Mai 1933 (III b 5821) der bisherige Prüfzwang (Rd.Erl. des MfLDuF. vom 2. Februar 1932) teilweise aufgehoben worden. Danach kann von einer Einzelprüfung dieser Instrumente durch die PTR dann abgesehen werden, wenn von der Herstellerfirma eine Bescheinigung der PTR beigebracht wird, daß die Fernschreibethermometer einem System angehören, das von der Reichsanstalt auf seine Brauchbarkeit und Zuverlässigkeit geprüft und anerkannt ist. Die Erteilung dieser Bescheinigung wird von dem Ausfall einer Systemprüfung abhängig gemacht, über die besondere Vorschriften im Reichsministerialblatt Nr. 51 vom 8. Dezember 1933 von der PTR erlassen wurden. Mehrere Anträge auf Systemprüfung liegen bereits vor.

137. Untersuchung von Wasser verschiedener Herkunft auf Isotope durch Dichtemessung. (Moser.) Der Apparat, mit dem Dichteänderungen von $1 \cdot 10^{-6}$ noch mit Sicherheit nachgewiesen werden konnten, besteht im wesentlichen aus einem Schwimmkörper, der durch eine unter Wasser befindliche Platin-Iridiumfeder in einer bestimmten Gleichgewichtslage gehalten wird. Man bestimmt bei zwei verschiedenen Wassersorten diejenigen Temperaturen, bei denen der Schwimmer auf eine bestimmt festgelegte Nullage einspielt, und findet aus dem Temperaturunterschied mit Hilfe des bekannten Ausdehnungskoeffizienten des Wassers die Dichteänderung.

Außer bei Wasser, das durch Elektrolyse stark konzentriert war, wurden bei den bisher untersuchten Wasserproben verschiedener Herkunft keine größeren Dichteunterschiede als $2 \cdot 10^{-6}$ gefunden.

138. Ausdehnungsbestimmungen. (Ebert.) Die Untersuchung des technischen Dilatometers nach Dujardin ergab, daß zur Erhöhung der Temperaturkonstanz und besseren Temperaturverteilung ein Umbau des Ofens notwendig war.

Insbesondere soll dieser Apparat neben der rascheren Erledigung von Prüfungsaufträgen dazu dienen, die geplanten Untersuchungen über den Transformationspunkt des Glases und den glasigen Zustand durchzuführen, die von dem Fachausschuß I der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft angeregt wurden.

139. **Wirbelstromkryostat.** (Justi.) Die Metallklotzthermostaten, in denen eine beliebige tiefe Temperatur zwischen 20 und 200° abs. durch Abkühlen eines Metallklotzes mit flüssiger Luft oder flüssigem Wasserstoff und durch gleichzeitige elektrische Heizung eingestellt wird, sind nicht frei von Temperaturgradienten. Axiale Temperaturgefälle entstehen durch die Wärmeleitung der mit dem Klotz verbundenen Drähte und Rohre, radiale durch die Entwicklung der Jouleschen Wärme lediglich auf der Oberfläche des Metallzylinders. Diese Vorgänge lassen sich vermeiden, wenn man einen Quecksilberklotz frei von metallischen Zuleitungen in einem Glasgefäß mit Vakuummantel aufhängt, durch Strahlung kühlt und induktiv durch Wirbelströme gleichzeitig heizt; für die Wahl der Wechselstromfrequenz (etwa 50 bis 5000 Hz) gelten ähnliche Beziehungen wie in Hochfrequenzöfen. Versuche zeigen, daß die Adiabasie und Temperaturkonstanz dieser Kryostaten um Größenordnungen verbessert sind. (Vgl. Physik. Zeitschr. 35, 3—6, 1934.)

140. **Umwandlungserscheinungen in kondensierten Gasen.** (Justi.) Die Untersuchungen über Umwandlungsvorgänge in kondensierten Gasen wurden am Stickstoffumwandlungspunkt bei 36° abs. fortgesetzt. Um außer dem Temperaturverlauf auch den des Dampfdruckes verfolgen und beide einander zuordnen zu können, muß man dabei auf die Verwendung von flüssigem Wasserstoff verzichten, weil sonst der Stickstoff vom Widerstandsthermometer fort zu einer kälteren Stelle sublimieren könnte. Die Schwierigkeit, diese Temperatur ohne Zuhilfenahme von flüssigem Wasserstoff nur durch Desorption zu erreichen, führte zu allgemeinen Untersuchungen über die Möglichkeit, Wasserstoff, Neon und Helium nach dem Desorptionsverfahren zu verflüssigen. Es zeigte sich, daß die Verflüssigung dieser Gase ohne Zuhilfenahme des Joule-Thomson-Effektes nicht möglich ist, und daß er für die Heliumverflüssigung nach dem Hochdruck-Desorptionsverfahren ausschlaggebend ist (vgl. Zeitschr. f. Phys. 87, 273—276, 1933).

141. **Thermische Daten von Krypton und Xenon.** (Heuse, Otto.) Mit der im Tätigkeitsbericht für das Jahr 1930 beschriebenen gasthermometrischen Anordnung wurden die 0°-Isothermen zwischen 0,72 und 1 m *Hg* sowie die Ausdehnungs- und Spannungskoeffizienten von reinem Krypton und Xenon gemessen. Die Ergebnisse sind in der folgenden Zusammenstellung enthalten:

$$\text{Krypton:}\quad \begin{aligned} pv &= 1{,}00367 - 367 \cdot 10^{-5} \cdot p_{m\,Hg};\\ \alpha &= 0{,}0036609 + 358 \cdot 10^{-7} \cdot p_{m\,Hg};\\ \beta &= 0{,}0036609 + 290 \cdot 10^{-7} \cdot p_{m\,Hg};\\ \varkappa_{100} &= -186 \cdot 10^{-5}. \end{aligned}$$

$$\text{Xenon:}\quad \begin{aligned} pv &= 1{,}00932 - 932 \cdot 10^{-5} \cdot p_{m\,Hg};\\ \alpha &= 0{,}0036609 + 785 \cdot 10^{-7} \cdot p_{m\,Hg};\\ \beta &= 0{,}0036609 + 593 \cdot 10^{-7} \cdot p_{m\,Hg};\\ \varkappa_{100} &= -527 \cdot 10^{-5}. \end{aligned}$$

142. **Normale Liter- und Atomgewichte von Krypton und Xenon.** (Heuse, Otto.) Im Anschluß an die vorstehenden Messungen wurden Dichtebestimmungen in der Nähe von Atmosphärendruck und bei Zimmertemperatur ausgeführt. Verwendung fand ein zylindrisches Glasgefäß von etwa 267 ml Inhalt. Die folgende Tabelle enthält die Ergebnisse:

	Normales Litergewicht g/l	Atomgewicht
Krypton	$3{,}743 \pm 0{,}001$	$83{,}66 \pm 0{,}01$
Xenon	$5{,}835 \pm 0{,}001$	$130{,}78 \pm 0{,}01$

143. **Krypton- und Xenondampfdruck.** (Henning, Justi.) In dem beschriebenen Wirbelstromkryostaten (s. Nr. 139) wurde der Dampfdruck des Kryptons zwischen 800 und 0,01 mm *Hg* bei Verwendung eines Platinwiderstandsthermometers bestimmt; die Meßpunkte, zu deren Bestimmung größere Mengen Krypton zur Verfügung standen, zeigen eine etwa 100mal geringere Streuung als ältere Beobachtungen. Entsprechende Messungen, die die Untersuchungen von Heuse und Otto am Xenon zwischen 580 und 800 mm *Hg* nach kleineren Drucken hin fortsetzen, sind noch nicht abgeschlossen.

144. **Platinschmelzpunkt.** (Fr. Hoffmann, Tingwaldt.) Die Beobachtungen zur Festlegung des Platinschmelzpunktes als Fixpunkt der optischen Temperaturskala wurden zu Ende geführt und lieferten in zwei verschiedenen Anordnungen im Mittel für drei Beobachter die Werte 1772,2° und 1773,8° C, von denen der letztere als der zuverlässigere anzusehen ist.

145. **Kapillarkonstante von Gold.** (Tingwaldt.) An einer Goldprobe großer Reinheit, welche bei optischen Temperaturmessungen zur Fixierung des Goldschmelzpunktes dient, sind Versuche

zur genaueren Ermittlung der Kapillarkonstanten und deren Temperaturabhängigkeit nach der Methode des maximalen Blasendruckes begonnen worden. Hierbei ergibt sich die Kapillarkonstante nach einer von E. Schrödinger aufgestellten Formel. Die vorläufigen Versuche mit Stickstoff liefern Werte für die Kapillarkonstante des Goldes, die etwas größer sind als die Werte von Smith vom Jahre 1914.

146. **Adiabatisches Metallkalorimeter für höhere Temperaturen.** (Moser.) Das Kalorimeter ist bestimmt für die Messung der wahren spezifischen Wärme fester und flüssiger Körper in höheren Temperaturen (bis 700°). Die bisherigen Versuche haben gezeigt, daß mit dieser Anordnung die spezifische Wärme bei einem Temperaturanstieg von 5° auf 1 Proz. genau bestimmt werden kann.

147. **Spezifische Wärme der Gase bei höheren Temperaturen.** (Justi.) Auf Wunsch des Normenausschusses der deutschen Industrie wurden neue Tafeln für die spezifische Wärme technischer Gase zwischen 20° und 3000° aufgestellt; dabei erwies es sich als notwendig, auch Angaben über Dissoziationsgrad und Dissoziationswärme zu machen. Im Gegensatz zu den bisher gebräuchlichen Tafeln, bei denen über alle vorhandenen Meßpunkte gemittelt wurde, sind nach einer Kritik aller Meßverfahren nur Ergebnisse des Strömungs- und Lummer-Pringsheim-Verfahrens berücksichtigt worden. Man gelangt so zu wenig streuenden Zahlen, die mit den bekannten an die Spektroskopie anschließenden und erneut bestätigten Formeln interpoliert werden. Eine Veröffentlichung ist im Druck.

148. **Messung ultrakurzer Schallwellenlängen.** (Justi.) Um neue Zahlenwerte für das Verhältnis der spezifischen Wärmen C_p/C_v der technischen Gase bei höheren Temperaturen zu gewinnen, wurde das Verfahren der Berechnung aus entsprechenden Schallgeschwindigkeitsmessungen gewählt. Über die Möglichkeit der Wellenlängenmessung mit dem Konkavgitter nach dem Rückwirkungsverfahren, wobei derselbe Piezoquarz als Sender und Empfänger ultrakurzer Schallwellen wirkt, wurde im Vorjahre berichtet; neue Versuche betrafen die Eignung von geheizten Wollastondrähten und von besonderen Piezoquarzen in verschiedenen Schaltungen als Schallempfänger.

149. **Photoelektrische Strahlungsmessung.** (Fr. Hoffmann, Willenberg.) Mit einer neuen Meßanordnung für photoelektrische Strahlungsmessung wurde zuerst eine sorgfältig gealterte Wolframbandlampe mit Uviolglashülle für lichtklimatische Zwecke geprüft, indem aus der Mitte des Bandes ein eng begrenzter Teil ausgeblendet und seine Strahlungsintensität mit der des Hohlraumstrahlers verglichen wurde. Bezeichnet man mit $V = I_L/I_H$ das Verhältnis der Strahlungsintensität der Lampe zu der eines Hohlraumstrahlers von der wahren Temperatur des Bandes an der emittierenden Stelle, so ergab sich, daß V im Gebiete von 0,32 μ bis 0,28 μ von etwa 0,4 bis fast auf 0,1 sank. Die wahre Temperatur wurde aus der schwarzen im Rot nach der Angabe von Forsythe und Worthing (1925) zu 2590° abs. berechnet. Der starke Abfall der Strahlung bei 0,3 μ ist durch die Absorption des Uviolglases bedingt. Inzwischen ausgeführte Messungen an einer Wolframbandlampe mit Quarzfenster zeigen, daß die Strahlung des Wolframs in diesem Gebiete nahezu grau ist. (Veröffentlichung folgt; vgl. auch Physik. Zeitschr. 35, 1—3, 1934.)

150. **Kohlensäureabsorption bei 2,7 μ.** (Tingwaldt.) Die Versuche über die Absorption der Kohlensäure bei 2,7 μ konnten zum vorläufigen Abschluß gebracht werden. Hiermit wurden Daten für die spektrale Absorption der Kohlensäure in diesem Gebiet für drei verschiedene Schichtdicken und für Temperaturen von 300 bis 1100° abs. erhalten.

151. **Wärmeleitfähigkeit von Metallen.** (Jakob, Erk.) Versuche an einem Aluminiumstab sind im Gange.

152. **Wärmeübergang bei Kondensation von Satt- und Heißdampf.** (Jakob, Erk, Eck, Dopatka, Schütze.) Für diese und die folgenden Untersuchungen über Wasserdampf haben die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft und der Verein Deutscher Ingenieure wieder in dankenswerter Weise Mittel zur Verfügung gestellt. An dem im Vorjahr benutzten Versuchsrohr (vgl. Wiss. Abh. **16**, 169, 1932) wurden während der Heizperiode 1932/33 die Messungen mit einigen Verbesserungen wiederholt und auf Dampfeintrittsgeschwindigkeiten bis herab zu einigen m/s ausgedehnt. Um die Versuchsergebnisse einwandfrei mit Nußelts Wasserhauttheorie vergleichen zu können, mußte diese auf den hier vorliegenden Fall erweitert werden, daß die Dampfgeschwindigkeit längs des Rohres infolge der Kondensation abnimmt. Aus der Abweichung der Versuchsergebnisse von den theoretischen Werten wurde geschlossen, daß der Dampf auf maximal 10 Proz. der Rohrfläche in Tropfenform kondensierte.

153. **Verdampfungswärme des Wassers bei höheren Drucken.** (Jakob, Fritz.) Mit der bereits früher beschriebenen verbesserten Einrichtung wurden Versuche bei den Drücken von 100, 115, 130 und 150 kg/cm² durchgeführt und ausgewertet.

Als Ergebnis der Versuche (vgl. Wiss. Abh. 17, S. 391) wurden die folgenden Werte der Verdampfungswärme r des Wassers und des spezifischen Volumens v'' von Sattdampf ermittelt, wobei 1 kcal = 1/860,4 kWh gesetzt ist.

Temperatur ° C	Druck kg/cm²	r kcal/kg	v'' m³/kg
310	100,64	316,6	0,01831
320	115,13	296,7	0,01550
330	131,18	274,5	0,01306
340	148,96	246,5	0,01082

154. **Versuche über den Verdampfungsvorgang.** (Jakob, Linke, Baldewein.) Es wurden Messungen an einem von innen elektrisch beheizten senkrechten Zylinder bei Heizflächenbelastungen $H = 20$ bis 75000 kcal/m²h ausgeführt. Die Messungen schließen sich nur bis $H \approx 2000$ kcal/m²h den Gesetzmäßigkeiten der natürlichen Konvektion an. Für größere Belastungen weichen sie davon ab, weil hierbei der Wärmeübergang durch die Rührwirkung der Dampfblasen bestimmt wird, wie bei horizontalen Platten für $H > 14000$. (Vgl. Wiss. Abh. 17, S. 55.)

Um auch im Gebiet erzwungener Konvektion eine einheitliche Darstellung für beliebige Stoffe und Heizflächen zu gewinnen, wurde der Wärmeübergang von waagerechten Heizflächen an siedenden Tetrachlorkohlenstoff bei $H = 260$ bis 142000 kcal/m²h, entsprechend einer Dampferzeugung von 6 bis 3090 kg/m²h gemessen. Die Wärmeübergangszahl steigt dabei von etwa 150 bis etwa 4500 kcal/m²h Grad C an.

Neben den Hauptuntersuchungen wurde die störende, auch in der Praxis beobachtete zeitliche Abnahme des Wärmeüberganges bei neuen Heizflächen und die Abhängigkeit der Temperaturverteilung auf den Heizflächen von der Belastung näher verfolgt.

155. **Zähigkeit von überhitztem Wasserdampf bei höheren Drücken.** (Jakob, Fritz.) Die Versuchseinrichtung besteht aus einer für Drücke bis 100 Atm. und Temperaturen bis 400° konstruierten Druckkammer von 100 mm lichter Weite, in der eine dünne Metallscheibe an einem Platinfaden zwischen zwei festen Scheiben schwingen kann. Das Druckgefäß steht in einem 650 mm hohen elektrischen Ofen aus Aluminium. Die Schwingungen werden durch mechanischen Stoß angeregt; hierzu ist die ganze Versuchseinrichtung drehbar auf einem Kugellager aufgestellt.

156. **Zustandsgrößen des Wassers im kritischen Gebiet.** (Jakob, Eck.) Die von Callendar beschriebenen Erscheinungen beim Verschwinden und Wiedererscheinen des Meniskus am kritischen Punkt konnten mittels Projizierung auf Mattglas in 20-facher Vergrößerung verfolgt und im wesentlichen bestätigt werden. Beim Erwärmen verschwand der Meniskus bei etwa 374,3°, beim Abkühlen war er bei etwa 374,1° wieder zu sehen.

157. **Internationaler Vergleich von Zähigkeitsmessungen.** (Erk.) In einer Sitzung des Ausschusses für Viskositätsfragen des Neuen Internationalen Verbandes für Materialprüfungen, die anläßlich des Weltpetroleumkongresses in London stattfand, wurde beschlossen, daß vom National Physical Laboratory zwei genormte Kapillarviskosimeter auf eine Rundreise an die Reichsanstalt, die Ecole Nationale Supérieure du Pétrole und das Bureau of Standards gesandt werden. In jedem Institut wird unabhängig die Apparatekonstante bestimmt. Gegenwärtig befinden sich die Apparate in der Reichsanstalt.

158. **Prüfung von amerikanischen Viskosimetern.** (Erk.) Auf eine aus der Industrie stammende Anregung hin setzte sich die Reichsanstalt mit dem Bureau of Standards in Verbindung, um ein Viskosimeternormale des in Amerika gebräuchlichen Saybolt-Viskosimeters zu erhalten. Das Bureau of Standards erklärte sich mit der Prüfung von Saybolt-Viskosimetern durch die Reichsanstalt einverstanden und überließ der Reichsanstalt für diesen Zweck geschenkweise ein Saybolt-Viskosimeter mit Universal- und Furol-Normalröhrchen.

159. **Mikroskopische Untersuchungen bei tiefen Temperaturen.** (Erk.) Der früher (vgl. Tätigkeitsbericht 1931, Nr. 159) durchgeführte Vergleich der verschiedenen Methoden zur Bestimmung des Stockpunktes von Mineralölen hatte auf die mikroskopische Untersuchung der Öle bei tiefen Temperaturen geführt.

Während die bisher bekannten Mikroskopkühltische nur bis zum Taupunkt verwendet werden konnten, ließen sich mit einer neuen Einrichtung u. a. bei −120° Mikroaufnahmen von gefrorenen Alkohol-Wasser-Gemischen machen, die je nach der Konzentration außer Mischkristallbildung auch eutektisches Gefüge zeigten.

160. **Vakuumtechnische Untersuchungen.** *a) Pumpen.* (Ebert, Justi.) An einem Versuchsmodell sind verschiedene Düsenformen untersucht zum Zwecke eines erhöhten Volumendurchflusses.

b) Strömungsversuche. (Ebert.) Die früher durchgeführten Strömungsversuche sind neu ausgewertet und mittels der Reynoldsschen und der Widerstandszahl dargestellt worden. Dabei ist ein Gebiet der Reynoldsschen Zahlen von 10^{-5} bis 10^{+5} überbrückt. (Vgl. Zeitschr. f. Phys. **85**, 561—564, 1933.)

161. Druckwaagenvergleich bis 5000 kg/cm². (Ebert.) Der mittelbare Anschluß der Druckwaage bis 5000 kg/cm² mit einem Quecksilbermanometer ist beendet. Bei dieser Gelegenheit sind alle dem Laboratorium zur Verfügung stehenden Druckwaagen erneut auf die Richtigkeit ihrer Angaben geprüft und eine Waage bis 2500 kg/cm² neu angeschlossen worden.

162. Widerstandsmanometer. (Ebert.) Die Versuche zur eindeutigen Anzeige der für die Messung hoher Drucke benutzten Widerstandsmanometer lieferten befriedigende Ergebnisse erst, als es gelang, möglichst ohne jede Unterlage den Draht bifilar und spannungsfrei zu wickeln.

163. Kompressibilitätsbestimmungen. (Ebert, Zimmer.) Der Apparat zur Bestimmung der Kompressibilität an festen Körpern ist fertiggestellt. Es wird die Zusammendrückung des Versuchsstabes mittels Okularmikrometer durch Glasfenster hindurch unmittelbar gemessen. Zunächst sind Versuche an Stahl durchgeführt; die Untersuchung an Einkristallen von Blei, Aluminium, Eisen, Magnesium ist im Gange.

164. Untersuchungen an Psychrometern. (Ebert.) Die bereits 1928 mit Pfeiffer abgeleitete Psychrometergleichung ist durch Berücksichtigung der äußeren Wärmezufuhr und des Wasserverbrauches, sowie durch Einführung der Lewisschen Kenngröße (Quotient aus der Temperaturleitzahl der Luft und den Diffusionskoeffizienten von Wasserdampf in Luft) erweitert und auf geringe Ventilationsgeschwindigkeit ausgedehnt worden. (Vgl. H. Ebert u. A. Pfeiffer, Gesundheits-Ing. **56**, 109—114, 1933.) Es ist eine Apparatur zur Bestimmung der Lewisschen Kenngröße für ein Psychrometer angegeben. Zugleich konnte in Zusammenhang hiermit der Nachweis erbracht werden, daß die Großmannsche Vorstellung (1916), wonach die an der Wärmebilanz beim Psychrometer teilnehmende Luftmasse größer sei als die den Wasserdampf aufnehmende nicht richtig sein kann.

165. Das Gesetz über die Prüfung und Beglaubigung der Fieberthermometer. (Henning, Ebert.) Es haben mehrere Besprechungen über Neugestaltung des Gesetzes und über Maßnahmen zwecks Reformierung der Fieberthermometerherstellung mit der Thüringischen Regierung stattgefunden. Die Reichsanstalt hat Vorschläge für die Abänderung der Ausführungsbestimmungen des Gesetzes ausgearbeitet.

166. Systematische Untersuchungen an Fieberthermometern. (Ebert, Fränz.) Zur weiteren Klärung des Verhaltens der Maximumvorrichtung bei Stabthermometern wird untersucht, ob etwa durch elektrische Aufladung des abreißenden Fadens oder der Glaswände in unmittelbarer Nähe der Maximumvorrichtung Rückschlüsse auf den Zustand der Maximumvorrichtung gezogen werden können.

167. Glasuntersuchung. (Heuse.) Es wurde ein durch zwei braune Streifen gekennzeichnetes Glas der Firma Alt, Eberhardt & Jäger, Ilmenau, untersucht und zur Herstellung von Fieberthermometern sowie Laboratoriumsthermometern bis 400° zugelassen.

168. Prüftätigkeit der Abteilung III.

Laboratorium für allgemeine Thermometrie und Kalorimetrie. (Heuse, Moser.)

466	(730)	feine Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,02° und 0,01°, geprüft in Temperaturen bis 100°, hiervon 86 (120) Kalorimeterthermometer,
883	(1453)	Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,05° und mehr, geprüft in Temperaturen bis 100°,
38	(21)	Siedethermometer für Höhenmessungen,
90	(116)	Beckmannsche Thermometer,
236	(195)	Tiefseethermometer,
916	(1192)	hochgradige Thermometer,
71	(99)	tiefgradige Thermometer, darunter 12 (23) Pentanthermometer für Temperaturen bis —190°,
15	(20)	Widerstandsthermometer,
59	(69)	Thermoelemente, darunter 19 (44) aus Platin-Platinrhodium, 2 (7) aus einer Edelmetallegierung, 5 (2) aus Konst.-Silber, 6 (3) aus Konst.-Eisen, 12 (4) aus Konst.-Kupfer, 15 (8) aus Nickel-Chromnickel,
5	(1)	Millivoltmeter für thermoelektrische Zwecke,
202	(535)	Schreibethermometer für Molkereibetriebe,

1 (0) Oberflächenpyrometer,
25 (0) Thermoelemente verschiedener Legierung, teils mit Ablesegalvanometer,
25 (0) Taschenschreibethermometer,
1 (0) Widerstandsthermometer,
} für die Laboratorien der verschiedenen Abteilungen der Reichsanstalt,
14 (11) Verbrennungskalorimeter (Bestimmung des Wasserwertes auf elektrischem Wege),
3 (3) Proben auf spezifische Wärme,
38 (0) Verbrennungswärmen.

Von 2700 (3806) nichtärztlichen Thermometern entsprechen 101 (201) nicht den Prüfungsbestimmungen, 12 (4) gingen beschädigt ein, 13 (31) wurden bei der Prüfung beschädigt; im ganzen mußten 126 (236) Thermometer, d. h. 4,7 (6,2) Proz. aller eingereichten nichtärztlichen Thermometer als unzulässig zurückgegeben werden.

Prüfung nichtärztlicher Thermometer in den Prüfämtern.

a) Beim Thüringischen Staatsprüfamt in Ilmenau:

1553 (1979) Laboratoriumsthermometer bis 100°, davon 1425 zulässig,
1505 (1579) Laboratoriumsthermometer bis 600°, davon 1312 zulässig,
362 (136) meteorologische Thermometer, davon 345 zulässig,
124 (186) gewerbliche Thermometer, davon 92 zulässig,
75 (185) Thermometer für den häuslichen Gebrauch, davon 71 zulässig.

Künstlich gealtert wurden 92 (151) und unter Druck gefüllt 4092 (6482) Thermometer.

b) Beim Hamburgischen Thermometerprüfamt:

46 (41) Laboratoriumsthermometer, davon 35 zulässig.

Laboratorium für Fieberthermometrie. (Ebert.)

Übersicht über die vom 1. Januar bis 31. Dezember 1933 zur Prüfung eingereichten Fieberthermometer (einschließlich der in den Staatsprüfämtern in Ilmenau und Zerbst geprüften Fieberthermometer).

	PTR	Staatsprüfamt		Summe
		Ilmenau	Zerbst	
Einschlußthermometer	233263	4059822	424905	4717990
Stabthermometer	45736	1066942	—	1112678
Insgesamt	278999 (264247)	5126764 (4542643)	424905 (440425)	5830668 (5247315)
Davon erhielten auf Antrag einen Stempel	258803	4836085	396066	5490954
Davon erhielten auf Antrag keinen Stempel	4891	105114	17646	127651
Unzulässig (in Proz.)	5 (5,9)	3,4 (3,4)	2,6 (3,0)	3,4 (3,5)

Laboratorium für Strahlungsthermometrie. (Fr. Hoffmann.)

5 (12) Bandlampen, davon 1 für lichtklimatische Zwecke im Ultraviolett,
1 (5) Glühfadenpyrometer nach Holborn und Kurlbaum mit 2 Pyrometerlampen und 1 Rauchglas,
1 (0) „Pyropto".

Laboratorium für Druck- und Ausdehnungsmessung. (Ebert.)

6 (22) Quecksilberbarometer,
3 (7) Aneroidbarometer,
52 (73) Manometer für Messungen bis 2000 kg/cm^2,
150 (161) Tiefsee-Umkippthermometer mit geschlossenem Schutzrohr,
46 (30) Tiefsee-Umkippthermometer mit offenem Schutzrohr,
2 (3) Vakuumpumpen,
1 (6) Haarhygrometer,
4 (9) Stoffe auf Ausdehnung (zwischen 0 und 1000°),
1 (0) Zugmesser,
2 (0) Stahlrohre auf Durchlässigkeit für Luft bei Unterdruck,
1 (0) Druckmeßapparatur.

Wärme- und strömungstechnisches Laboratorium. (Jakob, Erk.)

5 (3) Bestimmungen der Wärmeleitfähigkeit von keramischen Massen und Hartpapieren.

Laboratorium für Viskosimetrie und Erdölapparate. (Erk.)

2 (0) Systemprüfungen von Zähigkeitsmessern,
120 (144) Zähigkeitsmesser für empirisches Maß (Englergrade), darunter 17 (11) mit Zehntelgefäß, 1 (2) vierfache, 3 (5) zweifache,
26 (30) Zähigkeitsmesser für physikalisches Maß nach Vogel-Ossag,
200 (186) Kapillaren zum Zähigkeitsmesser nach Vogel-Ossag,
5 (2) Flüssigkeitsproben zur Prüfung von Zähigkeitsmessern,
12 (61) Petroleumprober,
9 (7) Flammpunktprüfer nach Pensky-Martens,
11 (0) Flammpunktprüfer mit offenem Tiegel nach DIN DVM 3661,
1 (3) Siedeapparate für Mineralöle,
1 (0) Bestimmung der Duktilität von Asphaltprodukten,
2 (0) Bestimmung des Stockpunktes von Flüssigkeitsprobern.

Abteilung IV (Optik).

169. **Vokaluntersuchungen.** (Gehrcke, Engelhardt.) In Fortführung früherer Untersuchungen über Vokale wurden Grammaphonplatten, welche die Firma Lindström, Berlin, hergestellt und über Siebketten mit einzelnen Worten hatte besprechen lassen, einer Reihe von Beobachtern vorgeführt. Hieraus ergeben sich Schlüsse über die für die Vokalbildung maßgebenden Frequenzen.

170. **Untersuchung an Lautsprechern.** (Engelhardt, Voigt.) Zur Prüfung von Lautsprechern wird eine automatisch registrierende Methode ausgebildet. In einem schallgedämpften Raum arbeitet ein mit sinusförmiger Wechselspannung beschickter Lautsprecher auf ein Mikrophon. Die Spannungsänderungen des Mikrophons werden mit Hilfe von Verstärker und Braunschem Rohr gemessen. Zur automatischen Aufzeichnung der Charakteristik wird der Ausschlag des Leuchtfleckes am Braunschen Rohr auf einer Filmtrommel registriert, welche mit der die Frequenzänderung verursachenden Kondensatordrehung des Senders gekoppelt ist.

171. **Verschärfte Interferenzen.** (Lau.) Es wurde gemeinsam mit der Firma Halle Nachf. die Neukonstruktion eines Multiplex-Interferenzapparates abgeschlossen, welche als wesentliche Neuerung einen zwischen den zusammenwirkenden Interferenzplatten eingefügten Glasblock zwecks Verhinderung der sonst zwischen den Platten auftretenden Luftinterferenzen enthält. (Vgl. H. R. Schulz, Ein Universal-Interferenzspektroskop, Zeitschr. f. Instrkde. 53, 319, 1933.)

172. **Feinstruktur.** (Lau, Reichenheim, Johannesson.) Die Grenze der Auflösung der Spektrallinien ist nicht mehr durch den Apparat bedingt, sondern durch den Dopplereffekt. Bei Aufnahme mit Selbstumkehr ist es möglich, die Grenze zu überschreiten. Es zeigen sich dabei z. B. bei *Hg*-Linien Unsymmetrien, die auf bisher nicht erkannte Trabanten schließen lassen. Ferner wurden durch Hervorhebung des Randes der Linien Unterschiede in einer vom Dopplereffekt unabhängigen Linienbreite deutlich. Bei Neon wurden Messungen darüber angestellt unter der Voraussetzung, daß diese Breite durch eine Dispersionsverteilung gegeben ist. Es ergaben sich dabei systematische Unterschiede zwischen den einzelnen Liniengruppen.

Untersuchungen über den Stark-Effekt in den schwachen Feldern der positiven Säule wurden wieder aufgenommen.

173. **Photometrisch-photographische Untersuchungen.** (Lau, Johannesson.) Mit Hilfe von Mattscheiben bzw. Streugittern wurde eine logarithmische bzw. lineare Intensitätsverteilung des Streulichts erzielt. Indem man optische Bilder durch Einschalten einer Mattscheibe oder eines Streugitters einer derartigen Streuung unterwirft, ergibt sich ein Verfahren zur Sternphotometrie, Registrierphotometrie und Prüfung von Momentverschlüssen. Der Aktinometereffekt läßt sich unter Anwendung des Mattscheibenstreulichts demonstrieren. Mit Hilfe von Mattscheibenstreulicht wurden Schwärzungskurven von photographischen Schichten aufgenommen. Durch Diskussion verschiedener Schwärzungskurven konnte ein Widerspruch zwischen Goldbergs theoretischen und experimentellen Untersuchungen bezüglich der Detailwiedergabe aufgeklärt werden. Auf Grund von Streulichterscheinungen lassen sich Kriterien für den Kopierbereich eines Negativs angeben. Durch Vergleich der Schwärzungen von Ein- und Mehrkornschichten bei Belichtung mit sichtbarem Licht, Röntgen- und α-Strahlen wurde die Beteiligung der verschiedenen tiefen Kornschichten untersucht und auf Grund dieser Ergebnisse eine Deutung des gesamten Verlaufs der Schwärzungskurve gegeben. (Vgl. Wiss. Abh. 17, S. 433.)

174. **Feinstruktur.** (Janicki, Lau.) Mit Hilfe einer sehr lichtstarken Quecksilberlampe war es möglich, einen Teil der lichtschwachen, bisher nicht auf Feinstruktur untersuchten Linien des sichtbaren Spektrums mit dem Multiplex-Interferenzspektroskop aufzunehmen. Besonders auffällig ist die lichtschwache Serie $l\,s - m\,p_1$, die etwa bei λ 4600 endet und bis $m = 18$ beobachtet werden konnte; sie hat keine Trabanten und wird mit steigender Gliednummer immer verwaschener.

175. **Untersuchungen von Objektivscheiben auf optische Homogenität.** (Schönrock.) Untersuchungen zur Beantwortung der Frage, ob große Objektivscheibengläser von praktisch vollkommener Spannungsfreiheit (Doppelbrechung $n_1 - n_2$ kleiner als $0{,}0_65$) ohne weiteres auch bezüglich des Brechungsverhältnisses n als homogen (bis auf zwei Einheiten der sechsten Dezimale) anzusehen sind, sind begonnen worden.

176. **Polarimetrische Untersuchungen.** (Schönrock, Einsporn.) Die lichtelektrische Halbschattenmethode zur Bestimmung der Rotationsdispersion insbesondere für ultraviolettes Licht wurde in optischer und elektrischer Beziehung im Aufbau fertigentwickelt.

177. **Kompensatormessungen.** (Schönrock.) Behufs Ausführung laufender Prüfungen von Kristallplatten auf ihre Phasendifferenz sind die Arbeiten zur Verbesserung der Kompensatormessungen wieder aufgenommen worden. Nach Beseitigung des mehrfach reflektierten Lichtes aus dem Gesichtsfeld läßt sich mittels des Soleilschen Kompensators mit Halbschatten für helles monochromatisches Licht eine Sicherheit von $\pm 2\,\pi/20000$ erzielen und von $\pm 2\,\pi/100000$ mit dem Braceschen Kompensator. Die dabei benutzte Optik ist zum Teil kostenlos von der Firma Halle Nachf. bestens hergestellt worden. Es wurden für die Bracesche Methode zur Berechnung der Phasendifferenzen in jedem beliebigen Fall streng gültige Gleichungen abgeleitet, die nur wenig komplizierter sind als die bisher allgemein angewandten, roh angenäherten Formeln.

178. **Interferenzrefraktor nach Jamin.** (Schönrock.) Um dem aus der Technik laut gewordenen Wunsch nach umfangreicheren Bestimmungen der Brechungsverhältnisse von Gasen nachzukommen, wurden zwei vorzüglich planparallele, spannungsfreie Jaminsche Platten von je 30 mm Dicke und 40×83 mm² Fläche von der Firma Halle Nachf. bezogen. Mit ihnen konnten zunächst die theoretisch abgeleiteten und bisher in der Literatur nicht erwähnten Verhältnisse bezüglich des farblosen Interferenzstreifens im weißen Licht sowie der völlig verschiedenen Eigenschaften der horizontalen und vertikalen Streifen im homogenen Licht experimentell voll bestätigt werden; ein Erfordernis dafür ist allerdings sowohl die hinreichend tadellose Beschaffenheit als auch die höchst vollkommene Justierung der beiden Platten.

179. **Objektivprüfungen.** (Wetthauer.) Die Objektivuntersuchungen wurden an einer Anzahl für Kleinbildkammern bestimmter Objektive nach der Methode der streifenden Abbildung ausgeführt. Die Objektive mit kurzen Brennweiten waren zum Teil besonders lichtstark (Öffnungen bis 1:1,5), die mit längeren Brennweiten infolge des kleineren Bildwinkels sphärisch und chromatisch sehr gut korrigiert. Wegen der einseitigen (an sich relativ recht geringen) Vignettierung dieser Objektive wurde die Komauntersuchung ihrer Bauart angepaßt.

180. **Kathodenzerstäubung.** (Wetthauer.) Die Arbeiten mit der Kathodenzerstäubungseinrichtung waren etwa so umfangreich wie im Vorjahr.

181. **Photographische Arbeiten.** (Wetthauer.) Photographische Arbeiten wurden für andere Laboratorien sowie besonders auch für die geplante Verlegung der Reichsanstalt in erheblichem Maße ausgeführt.

182. **Ultrarotmessungen.** (Müller, Wetthauer.) Untersuchungen über das Brechungsvermögen von Quarzglas im kurzwelligen Ultrarot. (Vgl. Wiss. Abh. 17, S. 255.)

183. **Internationale Vergleichungen.** (Dziobek.) In früheren Jahren haben sich Anzeichen dafür ergeben, daß beim Übergang von der Lichtstärke in einer Richtung zur mittleren räumlichen Lichtstärke, d. h. in der Beziehung zwischen der Einheit der Lichtstärke und der Einheit des Lichtstromes, Differenzen bis zu 1 Proz. zwischen den verschiedenen Staatsinstituten bestehen. Aus diesem Grunde wurden Vergleichsmessungen mit dem Laboratoire Central d'Electricité, Paris, eingeleitet, die besonders deshalb von Interesse sind, weil die verwendeten Methoden voneinander vollständig verschieden sind.

184. **Farbtemperaturskala.** (Dziobek.) Der Aufbau der Farbtemperaturskala wird weiter fortgesetzt insbesondere unter Verwendung eines nach den Angaben der Reichsanstalt von der Firma C. Zeiß gebauten Apparates, der auf dem von Priest zuerst benutzten Prinzip der Rotationsdispersion beruht.

185. **Normung der Empfindlichkeit von Negativmaterial.** (Dziobek.) An der Schaffung der neuen DIN-Einheit für die Lichtempfindlichkeit von Negativmaterial für bildmäßige Aufnahmen,

die an Stelle der Scheiner-Einheit treten wird, ist weiter mitgearbeitet worden. Die Arbeiten sind abgeschlossen. Die Einführung der DIN-Einheit wird in der ersten Hälfte des Jahres 1934 erfolgen.

186. **Nebelmessungen.** (Dziobek.) Die Messungen über die Selektivität des Nebels werden fortgesetzt. (Vgl. W. Dziobek und M. Wolff, Wiss. Abh. 17, S. 235.)

187. **Rückstrahlermessungen.** (Dziobek.) Die im vorjährigen Tätigkeitsbericht erwähnte Methode der Rückstrahlermessungen ist veröffentlicht. (Wiss. Abh. 17, S. 429.)

188. **Messungen an Leuchtröhren.** (Dziobek.) Die steigende Bedeutung von Gasentladungsröhren für praktische Beleuchtungszwecke (z. B. Natriumröhren für Straßenbeleuchtung) machen es notwendig, die Bestimmung der Lichtstärke bzw. des Lichtstromes dieser Röhren auf eine einwandfreie Grundlage zu stellen. Beabsichtigt ist zunächst die Untersuchung des Lichtes von Natrium-, Neon- und Quecksilberhochdrucklampen. Die Messungen werden unter weitgehender Unterstützung durch die Osram G. m. b. H. in deren Räumen ausgeführt. Über einen Teil der bisher ausgeführten Untersuchungen vgl. W. Dziobek und O. Reeb, Wiss. Abh. 17, S. 239.

189. **Durchlässigkeit von Farbfiltern.** (Spiller.) Bei der Bestimmung der Durchlässigkeit von Farbfiltern nach einer objektiven Meßmethode (Photozelle, Röhrenverstärker) konnte durch Verbesserung der Verstärkereinrichtung und durch Benutzung eines Doppelmonochromators die Meßgenauigkeit erhöht werden. Die Meßfehler können zur Zeit bei größeren Durchlässigkeiten mit $\pm$ 0,5 Proz., bei kleineren mit $\pm$ 1 Proz angegeben werden.

190. **Schwärzungsmessungen.** (Spiller.) Die objektive Messung der Gesamtdurchlässigkeit von Schwärzungskeilen bis zur Schwärzung 3 mit Hilfe einer Cäsiumzelle und Grünfilter ergab noch nicht die Meßgenauigkeit der subjektiven Methode, die etwa $\pm$ 0,01 beträgt. Die Arbeit wird mit einer neueren Kaliumzelle und entsprechendem Gelbfilter fortgesetzt.

191. **Wolfram-Hohlraumstrahler.** (Müller, Theissing.) An dem für die Lichteinheit entwickelten, mit 10000 Hz induktiv geheizten Wolframhohlraumstrahler wurden die Studien über die vorteilhafteste Wärmeisolierung mit Unterstützung der Firmen Siemens & Halske und Osram fortgesetzt, um diesem Ofen ein möglichst weitreichendes Temperatur- und Anwendungsgebiet auch für Schmelzpunktsbestimmungen, spektrale Energieermittlung an Lichtquellen und spektralanalytische Forschungen zu erschließen. Durch Verringerung der axialen Ausstrahlung gelang es mit der bisherigen Heizenergie noch wesentlich höhere Temperaturen (bis 3200° abs.) zu erreichen.

192. **Lichteinheit.** (Müller, Theissing.) Es ist die in Aussicht genommene Lichteinheitsmethode hinsichtlich der erreichbaren Eichgenauigkeit an Glühlampen durch Relativmessungen mittels eines Glühlampenhilfsstrahlers erprobt worden. Die größten Schwankungen der verglichenen photometrischen Helligkeit vom Tagesmittel überschritten, trotz der bekannten Veränderlichkeit der als Hilfsnormal dienenden Wendellampe, nicht 0,5 Proz.

193. **Hefnerlampe.** (Gehrcke, Müller.) Die Meßgenauigkeit der deutschen Lichteinheit beträgt höchstens 1 Proz., und zwar ist die Hauptursache dieser heute nicht mehr befriedigenden Meßgenauigkeit die Unruhe der Flamme bei den geringsten Luftströmungen. Um hier eine Abhilfe zu schaffen, werden Versuche angestellt, durch fortlaufende gleichzeitige photographische Flammenaufnahmen und durch objektive Lichtphotometrierung unmittelbar zusammengehörige Werte für die Reduzierung auf richtige Flammengröße zu erzielen und genauere Einblicke in die Ursachen der Helligkeitsschwankungen zu erhalten. Ferner ließ sich durch einen geeigneten Windschutz (vorgeschlagen von dem technischen Angestellten Göbert) erreichen, daß die Helligkeitsschwankungen der Lampe auf etwa den zehnten Teil herabgesetzt wurden.

194. **Photozellen.** (Müller, Leo, Theissing.) Die spektralen Untersuchungen an den Photozellen verschiedener Typen sind fortgesetzt und durch Messungen über die Empfindlichkeit für verschiedene Lichtfrequenzen im Bereich von 40 bis 18000 Hz ergänzt worden. Am hierfür von der Fernseh-AG. Zehlendorf beschafften Frequenzprüfgerät wurden die Betriebsbedingungen für einwandfreie Verstärkung bei verschiedenen Belichtungsintensitäten, Frequenzen und Zellentypen eingehend geklärt, ebenso die Einwirkung überlagerter Fremdfrequenzen auf die Frequenzeigenschaften der Photozellen untersucht.

195. **Doppelmonochromatoren.** (Müller, Theissing, Leo.) Für die erforderliche Erzeugung intensiven reinen Spektrallichtes wurden eine Reihe von Quarzdoppelmanochromatoren auf spektrale Reinheit, Feinauflöung, Wellenlängeneinstellung und Lichtintensität eingehend vergleichend untersucht. Die von C. Müller vorgeschlagene Kombination mit an die Prismen angesetzten, sphärisch korrigierten Linsen und Umlenkprismen erwies sich als besonders lichtstark und reflexfrei.

196. **Bolometer.** (Müller.) Die meßtechnische Verwertung der bisherigen Bolometertypen war durch ihre langdauernden Nullpunktsgänge behindert. Bei neuen, von Gebr. Müller gebauten und der Reichsanstalt für registrierende Spektralphotometrie und Untersuchung von Emulsionsempfindlichkeiten zur Verfügung gestellten Vakuumbolometern ist durch einen thermisch besonders präzisen gleichartigen Aufbau dieser Mangel weitgehend behoben. Die neue Bolometertype, welche vermöge nur 0,25 μ starker Streifen zugleich hohe Einstellgeschwindigkeit besitzt, zeigt schon wenige Sekunden nach Stromanschluß auch bei hoher Strombelastung, sogar ohne Gehäuseschutz, an höchstempfindlichen Galvanometern stationäre Einstellung und in Verbindung mit einer ebenfalls durch Gebr. Müller zur Verfügung gestellten Registriereinrichtung weitgehende dauernde Ausschaltung der restlichen Temperaturgänge.

197. **Nebeluntersuchung.** (Müller, Theissing.) Das für die Weiterführung der Nebeluntersuchungen bestimmte spektrale Ultrarotgerät wurde weiter vervollkommnet, indem als radiometrischer Empfänger in Zusammenarbeit mit Gebr. Müller ein Vakuumthermoelement eingebaut wurde, bei dem durch Kombination von Zylinderlinse und Zylinderspiegel einwandfreie empfindliche Strahlenkonzentrierungen auch für lange sehr schmale Spektrallinien gewährleistet sind.

198. **Prüftätigkeit der Abteilung IV.**

Strahlungslaboratorium. (Müller, Theissing, Leo.)

625 (375) Registrierphotometrierungen von Spektralaufnahmen, Schwärzungskeilen, Röntgenphotogrammen, Tonfilmaufnahmen,
20 (13) Photozellen auf Empfindlichkeit und Frequenzabhängigkeit,
11 (29) Strahlungsthermoelemente auf Empfindlichkeit, Einstellgeschwindigkeit, spektrales Auflösungsvermögen,
8 (0) Bolometer auf Empfindlichkeit, Einstellungsgeschwindigkeit, Nullpunktskonstanz,
1 (0) Registriergerät,
4 (1) Doppelmonochromatoren auf spektrale Reinheit, Feinauflösung, Lichtstärke, Eichung der Wellenlängentrommel,
4 (0) Glas- und Kristallproben auf Durchlässigkeit.

Laboratorium für Polarimetrie. (Schönrock, Einsporn.)

21 (6) Saccharimeter-Quarzplatten auf optische Reinheit, Planparallelismus, Achsenfehler und Drehungswert,
1 (0) 16,6 mm dicke, früher bereits auf ihre Güte geprüfte Quarzplatte auf Drehungswert für das spektral gereinigte Licht der Piranischen elektrischen Natriumkleinlampe,
2 (7) Platten aus Quarzglas auf Spannung und Schlieren,
2 (30) große Glasplatten auf Spannung und Schlieren,
1 (1) Stufengitter auf Güte, insbesondere Auflösungsvermögen,
1 (0) asphärische Quarzlinse auf Güte,
1 (0) Glimmerplatte auf Phasendifferenz,
3 (0) Bromkali-Platten auf Spannung,
6 (24) Flaschen auf Spannung.

Laboratorium für angewandte Optik. (Wetthauer.)

14 (9) Glasproben
4 (0) Filme
3 (0) Glasproben mit Lacküberzug
} auf Durchlässigkeit für Licht verschiedener Wellenlängen,
2 (0) Brillengläser auf spektrale Durchlässigkeit,
1 (2) Brillengläser auf sphärische und chromatische Aberration,
3 (0) asphärische Quarzlinsen auf sphärische Aberration,
1 (0) Spektrometerobjektiv mit vermindertem sekundärem Spektrum auf sphärische und chromatische Aberration,
1 (0) Quarz-Sylvin-Objektiv auf chromatische und sphärische Aberration, sowie Durchlässigkeit im ultraroten und ultravioletten Spektralgebiet,

8 (1) Objektive auf Bestimmung der Brennweite, sphärische und chromatische Aberration,
10 (4) Objektive auf Lage der Bildflächen, Komauntersuchung, Farbenvergrößerungsfehler,
2 (0) Monochromator-Quarzprismen mit angesprengter asphärischer Quarzlinse auf sphärische Aberration und Schnittweite,
2 (0) Monochromator-Quarzprismen mit angesprengtem Quarzdachkantprisma auf Doppelbrechung,
1 (4) Fernglas auf Vergrößerung, Lichtstärke und Größe des Gesichtsfeldes,
5 (4) Probeglaspaare auf Krümmungsradien,
2 (1) Strahlungsgeräte, Spektrogramme,
1 (0) Glasprisma auf Brechungsvermögen für verschiedene Wellenlängen,
2 (0) Blutkörperzählkammern, Vergleich der Zählnetze,
9 (0) Glasplatten
1 (0) Prisma
4 (6) Glimmerplättchen
4 (7) Systeme für Elektrometer
} Versilberung, Vergoldung, Verplatinierung,
1 (0) mit Hochheimscher Versilberung versehenes 30°-Prisma, Bestimmung des Reflexionsvermögens zwischen 220 bis 436 mμ,
6 (0) kleine Reflexionsgitter auf Güte des Spektrums.

Laboratorium für Photometrie. (Dziobek, Spiller.)

5 (5) Hefnerlampen,
673 (361) Metalldrahtlampen, davon
128 (207) als Normallampen für photometrische Zwecke,
15 (0) als Normallampen für photometrische Zwecke bei 2 und 3 Spannungen,
7 (0) zur Nachprüfung als Normallampen für photometrische Zwecke,
6 (8) zur Bestimmung der Farbtemperatur für sensitometrische Zwecke, davon 4 bei 2 Spannungen,
1 (3) als Normallampe mit vorgeschaltetem Blaugrünglas,
2 (0) zur Bestimmung der Lichtverteilung für internationale Vergleichsmessungen,
465 (85) für verschiedene Zwecke, davon 7 bei 2 und 3 Spannungen,
49 (53) in Dauerprüfung mit insgesamt 59469 (10100) Brennstunden (teilweise mit Überspannung),
2 (0) Neonleuchtröhren
1 (0) Metalldrahtlampe
1 (0) Analysenlampe
} für Steuerzwecke,
1 (1) Bandlampe zur Bestimmung der Energieverteilung,
1 (1) Natriumröhre,
1 (0) Linestraröhre,
3 (0) Leuchten zur Bestimmung der Lichtverteilung,
8 (0) Versuchskugeln aus Opalglas,
8 (0) Petroleumlampen,
1 (0) Spirituslampe,
1 (0) Gaslampe,
1 (1) Scheinwerfer,
1 (1) Tubusphotometer,
16 (0) Glasproben auf Durchlässigkeit, Reflexion und Absorption,
17 (19) Gläser verschiedener Art auf spektrale Durchlässigkeit,
45 (23) Grau- bzw. Stufenfilter für sensitometrische Zwecke,
2 (0) Drahtgitter auf Durchlässigkeit.

Charlottenburg, im Januar 1934.

Der Präsident
Stark.

ABHANDLUNGEN.

Kerreffekt an Benzolderivaten[1]).

Von Georg Otterbein.

I. Einleitung.

Unsere Kenntnis vom Aufbau der Moleküle hat durch die Vorstellung des permanenten Dipols eine entscheidende Bereicherung erfahren. Die Möglichkeit der direkten Messung des Dipolmomentes erlaubte in vielen Fällen eine umfassende und eingehende Diskussion der Molekülstruktur.

Die Betrachtung der optischen Erscheinungen am Molekül hat andererseits dazu beigetragen, die aus den Momentmessungen geschöpften Kenntnisse des Molekülaufbaues in schöner Weise zu ergänzen. Die Zusammenhänge zwischen der Molarrefraktion (Polarisierbarkeit), der Depolarisation des Streulichts (Anisotropie der Polarisierbarkeit) und des elektro-optischen Kerreffektes (Doppelbrechung im elektrischen Feld, bedingt durch die Anisotropie der Polarisierbarkeit und abhängig von der Lage des elektrischen Momentes im Molekül hinsichtlich der Richtung der größten Polarisierbarkeit) in Verbindung mit der Molarpolarisation (elektrisches Moment) wurden zum ersten Male von K. L. Wolf, G. Briegleb und H. A. Stuart (1) aufgezeigt und eingehend diskutiert. Schon Kerr (2), der Entdecker der elektrischen Doppelbrechung, wies darauf hin, daß zwischen chemischer Konstitution und Kerreffekt irgendwelche näheren Zusammenhänge sein müßten. Die ersten systematischen Versuche zur Klärung dieser Zusammenhänge wurden von Schmidt (3) unternommen, aber erst Leiser (4), Lippmann (5) und in neuester Zeit Solomos (6) konnten durch ein umfassendes Meßmaterial an reinen Substanzen gesetzmäßig erscheinende Zusammenhänge zwischen der Kerrkonstanten und der chemischen Konstitution der untersuchten Substanzen erkennen. Direkte Aussagen über das Molekül auf Grund des Kerreffektes konnten dann erst Wolf, Briegleb, Stuart und Volkmann (7) machen. Diese Autoren haben, teils gemeinsam, teils allein, vor allem an organischen Substanzen meist strukturchemische Fragen behandelt. Sie berechnen dabei in erster Linie als neue Molekülkonstanten die Größe der drei ausgezeichneten Polarisierbarkeiten, durch welche die optischen Hauptachsen des Moleküls gegeben sind. So hat Stuart z. T. gemeinsam mit Volkmann (7a—e) den Kerreffekt und teilweise auch die Refraktion an Gasen und Dämpfen gemessen und die Ergebnisse mit Hilfe bekannter Depolarisationsgrade in dieser Hinsicht ausgewertet. Außerdem ließen sich in gewissen Fällen die Lagen der Momente im Molekül in bezug auf die Achse der größten Polarisierbarkeit durch die Bestimmung der Winkel zwischen ihnen direkt bestimmen. Briegleb (8a—b) führte Kerreffektmessungen an verdünnten Lösungen aus. Er verwendet seine Ergebnisse einmal zur Bestimmung der Polarisierbarkeiten und außerdem noch dazu, Aussagen zu machen über zwischenmolekulare Kraftwirkungen, also insbesondere über Assoziation und Solvatation. Dabei fand er eine starke Lösungsmittelabhängigkeit der gelösten Substanz (Solvatation). Die für das gelöste Mittel auf unendliche Verdünnung extrapolierten Werte, umgerechnet auf den Gaszustand, sind nicht in Übereinstimmung mit den aus Messungen an Gasen und Dämpfen erhaltenen Werten der Kerrkonstanten.

Bei der Deutung der Meßergebnisse hat sich die von Silberstein (9) gegebene Vorstellung der atomaren Dipole in qualitativer Hinsicht als recht brauchbar erwiesen. Obenerwähnte Autoren haben diese Theorie in ihren Arbeiten eingehend behandelt und ihre Anwendungsmöglichkeiten aufgezeigt.

Es ist bekannt, daß man der Bindung einzelner Atome oder Atomgruppen an andere Atome elektrische Momente zuschreiben muß, die ihrerseits wiederum noch in charakteristischer Weise vom Molekülrest abhängig sind. Der Vektorcharakter der Momente hat es ermöglicht, das gesamte Moment eines mehrfach substituierten Moleküls zu berechnen durch geometrische Addition der einzelnen für die Substituenten bekannten Momentvektoren. Der Vergleich des so errechneten mit dem tatsächlich gemessenen Moment eines Moleküls erlaubt uns dann, möglicherweise Schlüsse zu ziehen über die gegenseitigen Einwirkungen der einzelnen Substituenten aufeinander.

In Analogie zu der Möglichkeit, auf diese Art das Gesamtmoment eines Moleküls aus den Einzelmomenten vorherzusagen, legten wir uns die Frage vor, ob beim Kerreffekt ebenfalls den einzelnen Substitutionen am Molekülrest ein charakteristischer Beitrag zur Kerrkonstanten des gesamten Moleküls zuzuschreiben sei, und ob insbesondere die Kenntnis solcher charakteristischer Gruppenbeiträge zur Kerrkonstanten ebenfalls die Berechnung der Kerrkonstanten eines Moleküls mit mehreren substituierten Gruppen erlaube. In einer vorläufigen Mitteilung haben wir bereits erwähnt, daß diese Frage durch eine

[1]) Leipziger Dissertation.

Addition von Tensoren zu lösen sein sollte (10). Dies soll im einzelnen noch näher gezeigt werden.

Zur Aufgabe war also gestellt, möglichst Aussagen zu machen über die Anisotropie des freien Moleküls. Auch hier wurde ein Weg gewählt, der bei der Messung des Dipolmomentes so schöne Erfolge gezeitigt hat, nämlich die Messung an stark verdünnten Lösungen. Man darf voraussetzen, daß die einzelnen gelösten Molekeln in solchen Lösungen genügend weit voneinander entfernt sind, so daß eine gegenseitige Einwirkung der gelösten Moleküle aufeinander nicht mehr stattfindet. Durch Extrapolation auf unendliche Verdünnung kann das Moment des gelösten Stoffes bestimmt werden. Und zwar so, daß dieses Moment weitgehend auch demjenigen des freien Moleküls (Gaszustand!) entspricht. In neuester Zeit erst hat Müller (11) durch systematische Versuche die Vermutung bestätigt, daß die Molekularpolarisation, und damit auch das Moment, nicht unabhängig ist vom Lösungsmittel und daß dabei im allgemeinen eine gewisse gesetzmäßige Abhängigkeit von der DK. des Lösungsmittels besteht.

Da erfahrungsgemäß die durch Extrapolation gewonnenen Werte der Kerrkonstanten bei verschiedenen Lösungsmitteln viel stärker voneinander abweichen als die Momentwerte, so mußte bei unseren Kerreffektmessungen an verdünnten Lösungen besonders untersucht werden, ob und inwieweit der Einfluß eines Lösungsmittels als charakteristisch angesprochen werden darf.

II. Zur Theorie.

Unter dem elektro-optischen Kerreffekt versteht man die Erscheinung, daß an sich optisch isotrope Medien unter der Einwirkung eines äußeren elektrischen Feldes doppelbrechend werden. Sie zeigen eine Anisotropie derart, daß sie einem optisch einachsigen Kristall gleichkommen, dessen Achse in Richtung des elektrischen Feldes liegt. Die auftretende Doppelbrechung ist bedingt durch eine Änderung des Brechungsquotienten in Richtung des äußeren Feldes und in der dazu senkrechten Richtung. Je nach Größe und Vorzeichen dieser Änderung kann die auftretende Doppelbrechung positiv oder negativ sein.

Zur Erklärung des Effektes sind zwei Theorien aufgestellt worden. Voigt (12) nahm an, daß die Atome und Moleküle im unbeeinflußten Zustand isotrop sind, und versuchte, den Kerreffekt durch die Einwirkung eines äußeren elektrischen Feldes auf die Bewegung der — quasielastisch gebunden gedachten — Elektronen zu erklären. Die Theorie ist aber nicht in der Lage, die Größe und die beobachtete starke Temperaturabhängigkeit des Kerreffektes zu erklären.

Dagegen gibt die Langevin-Born-Ganssche „Orientierungstheorie" (13, 14, 15) die Verhältnisse beim Kerreffekt ausgezeichnet wieder. Hier werden die Moleküle von vornherein als anisotrop betrachtet. Eine zusammenfassende Darstellung dieser Theorie hat Debye (16) gegeben. Wir geben nur einige dringend benötigte Beziehungen in der von ihm gewählten Bezeichnungsweise wieder.

Im unbeeinflußten Zustand sind diese Polarisierbarkeiten (b_1, b_2, b_3) der Moleküle einer Substanz mit ihrem Brechungsindex n_0 durch die Lorenz-Lorentz-Gleichung:

$$\frac{n_0^2-1}{n_0^2+2}=\frac{4\pi}{3}N_0\frac{b_1+b_2+b_3}{3} \tag{1}$$

verknüpft. Dabei ist N_0 die Zahl der Moleküle im Kubikzentimeter, und $\frac{b_1+b_2+b_3}{3}$ die mittlere optische Polarisierbarkeit eines Moleküls.

Im elektrischen Feld haben wir die zwei Fälle zu betrachten, daß die statische und die optische Feldstärke mit ihren Richtungen zusammenfallen bzw. senkrecht aufeinander stehen. Es zeigt sich, daß in beiden Fällen ein weiterer, dem Quadrate der am Molekül direkt angreifenden Feldstärke Z proportionaler Polarisationsanteil zur mittleren Polarisierbarkeit hinzukommt. Fallen optische und statische Feldstärken in eine Richtung (n_p), so ist der Zusatz doppelt so groß als im zweiten Falle, wo die beiden Feldstärken senkrecht aufeinander stehen (n_s) und wo außerdem das zusätzliche Glied negatives Vorzeichen trägt. Es wird demnach:

$$\left.\begin{aligned}\frac{n_p^2-1}{n_p^2+2}&=\frac{4\pi}{3}N\left[\frac{b_1+b_2+b_3}{3}+2(\Theta_1+\Theta_2)\frac{Z^2}{2}\right]\\ \frac{n_s^2-1}{n_s^2+2}&=\frac{4\pi}{3}N\left[\frac{b_1+b_2+b_3}{3}-(\Theta_1+\Theta_2)\frac{Z^2}{2}\right].\end{aligned}\right\} \tag{2}$$

Dabei ist $N \neq N_0$ infolge der durch das äußere Feld bedingten Elektrostriktion. Ist ε die DK. des betrachteten Mediums, so hängt Z mit der äußeren Feldstärke E durch die Beziehung

$$Z=\left(1+\frac{4\pi}{3}\varkappa\right)E=\left(\frac{\varepsilon+2}{3}\right)E \tag{3}$$

zusammen.

Endlich sind die Ausdrücke Θ_1 und Θ_2 von der Form:

$$\left.\begin{aligned}\Theta_1&=\frac{1}{45}\frac{1}{k\,T}\left[(a_1-a_2)(b_1-b_2)+(a_2-a_3)(b_2-b_3)+(a_3-a_1)(b_3-b_1)\right],\\ \Theta_2&=\frac{1}{45}\frac{1}{k^2T^2}\left[(\mu_1^2-\mu_2^2)(b_1-b_2)+(\mu_2^2-\mu_3^2)(b_2-b_3)+(\mu_3^2-\mu_1^2)(b_3-b_1)\right].\end{aligned}\right\} \tag{4}$$

Dabei sind (μ_1, μ_2, μ_3) die Komponenten des permanenten Momentes in Richtung der Achsen eines molekülfesten Koordinatensystems, das durch die Richtungen der drei ausgezeichneten optischen Polarisierbarkeiten $(b_1 b_2 b_3)$ gegeben ist. Die $(a_1 a_2 a_3)$ sind die in diesen Richtungen durch das statische Feld von der Stärke eins induzierten Momente. Schließlich bedeuten k die Boltzmannsche Konstante und T die absolute Temperatur.

Für die beim Kerreffekt auftretende Doppelbrechung gilt dann die Beziehung:

$$\frac{n_p - n_s}{n_0} = \frac{(n_0^2-1)(n_0^2+2)}{4n_0^2} \cdot \frac{3(\Theta_1+\Theta_2)}{(b_1+b_2+b_3)} \frac{(\varepsilon+2)^2}{9} E^2 = K_e \cdot E^2, \qquad (5)$$

wobei K_e die elektrooptische Kerrkonstante ist.

Experimentell bestimmt wird eine Größe B, die definiert ist als Gangunterschied, gemessen in Wellenlängen, zwischen den Komponenten, die parallel und senkrecht zum elektrischen Feld schwingen, und zwar pro Einheit des elektrischen Feldes (ESE.) und pro Einheit des vom Licht durchlaufenen Weges im Feld. So ist

$$B = \frac{\Delta}{l \cdot E^2} = \frac{n_p - n_s}{\lambda \cdot E^2}. \qquad (6)$$

Daher kann B übergeführt werden in die Größe K_e durch die Beziehung

$$K_e = \frac{B \cdot \lambda}{n_0} = B \cdot \lambda_0, \qquad (7)$$

wobei λ_0 die Wellenlänge des benutzten Lichtes im unbeeinflußten Medium bedeutet.

Bezüglich des Ausdruckes (4) ist noch zu sagen, daß die Größe Θ_1 charakteristisch ist für die Anisotropie des Moleküls, während die Größe Θ_2 charakteristisch ist für den durch das permanente Moment bedingten Richtungseffekt. So können wir die Kerrkonstante K_e zerlegen in zwei Teile, nämlich in das Anisotropieglied K_a und in das Dipolglied K_d. Gelingt es, K_a und K_d getrennt zu berechnen, so ist dadurch die Möglichkeit gegeben, direkte Aussagen über die Anisotropie eines Moleküls zu machen.

Wie der Ausdruck (4) zeigt, ist das Anisotropieglied umgekehrt proportional der Temperatur, während das Dipolglied dem Quadrat der Temperatur umgekehrt proportional ist. Die Orientierungstheorie gibt demnach eine befriedigende Erklärung der starken Temperaturabhängigkeit des Kerreffektes. Natürlich steht zu erwarten, daß alle Substanzen auch einen „Voigtschen Kerreffekt" haben, nur ist dieser so klein gegenüber dem Orientierungseffekt, daß wir ihn sicherlich vernachlässigen dürfen.

Die bisher gegebenen Formulierungen sind streng gültig nur für Gase. Briegleb (8b) hat jedoch gezeigt, daß formal auch für den flüssigen Zustand dieselben Beziehungen Geltung haben, falls man nur annimmt, daß zwischen den Polarisierbarkeiten im gasförmigen und flüssigen Zustand ein Unterschied besteht. Es ist dabei notwendig, beim Übergang von der gasförmigen in die flüssige Phase die $(a_i,\ b_i,\ \mu_i)$ übergehen zu lassen in Werte $(a_i',\ b_i',\ \mu_i')$, die ihrerseits die Polarisierbarkeiten und das Moment im flüssigen Zustand charakterisieren. Die Unsicherheit bei Flüssigkeiten ist ja dadurch gegeben, daß das innere Feld durch den Faktor $\left(\frac{\varepsilon+2}{3}\right)$ nicht genügend genau beschrieben ist. Nimmt man aber an, daß durch diesen Faktor auch in der Flüssigkeit das innere Feld bestimmt ist, so wird sich dies durch eine Änderung der $(a_i,\ b_i,\ \mu_i)$ beim Übergang von der gasförmigen in die flüssige Phase beschreiben lassen. Wir werden der Einfachheit halber die alten Bezeichnungen $(a_i,\ b_i,\ \mu_i)$ beibehalten, da dies nur einen formellen Unterschied bedeutet.

Es ist bereits in der Einleitung darauf hingewiesen worden, daß wir den Kerreffekt an verdünnten Lösungen messen wollten, um durch Extrapolation auf den unendlich verdünnten Zustand die Kerrkonstante des gelösten Mittels zu bestimmen. Daher war es nötig, eine Mischungsformel zu bekommen, die aus plausiblen Gründen additiv ist. Es ist also eine Kerrkonstante $\mathfrak{K}$ so zu definieren, daß für den Fall einer Lösung gilt:

$$\mathfrak{K}_{12} = \mathfrak{K}_1 f_1 + \mathfrak{K}_2 f_2,$$

wobei f_1 und f_2 die Molenbrüche des Lösungsmittels bzw. des gelösten Mittels bedeuten.

Wir wissen, daß sich die Molekularrefraktion in Lösungen additiv verhält. Davon ausgehend muß sich auch die Molekularrefraktion der parallel zum Feld schwingenden Komponente und ebenso die der senkrecht zum Feld schwingenden Komponente additiv verhalten. Die Ausdrücke für die Refraktionen lauten für eine Lösung:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{n_p^2-1}{n_p^2+2} &= \frac{4\pi}{3} n' \left[\frac{b_1'+b_2'+b_3'}{3} + 2(\Theta_1'+\Theta_2')\frac{Z^2}{2}\right] \\
&\quad + \frac{4\pi}{3} n'' \left[\frac{b_1''+b_2''+b_3''}{3} + 2(\Theta_1''+\Theta_2'')\frac{Z^2}{2}\right] \\
\text{und} \\
\frac{n_s^2-1}{n_s^2+2} &= \frac{4\pi}{3} n' \left[\frac{b_1'+b_2'+b_3'}{3} - (\Theta_1'+\Theta_2')\frac{Z^2}{2}\right] \\
&\quad + \frac{4\pi}{3} n'' \left[\frac{b_1''+b_2''+b_3''}{3} - (\Theta_1''+\Theta_2'')\frac{Z^2}{2}\right].
\end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

Dabei bedeuten die eingestrichenen Buchstaben Zugehörigkeit zum Lösungsmittel, die zweigestrichenen zum gelösten Mittel. n' und n'' sind die Anzahl Moleküle des Lösungsmittels bzw. des gelösten Mittels im Kubikzentimeter. Die Formeln zeigen übersichtlich die Beiträge des Lösungsmittels und der gelösten Substanz zu den Refraktionen in den beiden ausgezeichneten Richtungen.

In vereinfachter Form schreiben wir für die Molrefraktion parallel zum Feld:

$$\left.\begin{aligned}&\frac{n_p^2-1}{n_p^2+2}\cdot\frac{M_1f_1+M_2f_2}{\varrho_{12}}\\&=\frac{4\pi}{3}\{n'[A_p]+n''[B_p]\}\cdot\frac{M_1f_1+M_2f_2}{\varrho_{12}}.\end{aligned}\right\}\quad(9)$$

Entsprechend für die Molrefraktion senkrecht zum Feld:

$$\left.\begin{aligned}&\frac{n_s^2-1}{n_s^2+2}\cdot\frac{M_1f_1+M_2f_2}{\varrho_{12}}\\&=\frac{4\pi}{3}\{n'[A_s]+n''[B_s]\}\cdot\frac{M_1f_1+M_2f_2}{\varrho_{12}}.\end{aligned}\right\}$$

und für die linke Seite finden wir in erster Näherung:

$$\left.\begin{aligned}R_p-R_s&=\left[\frac{n_p^2-1}{n_p^2+2}-\frac{n_s^2-1}{n_s^2+2}\right]\cdot\frac{M_1f_1+M_2f_2}{\varrho_{12}}\\&=\frac{n_p-n_s}{n_{12}}\cdot\frac{6n_{12}^2}{(n_{12}^2+2)^2}\cdot\frac{M_{12}}{\varrho_{12}}.\end{aligned}\right\}\quad(12)$$

Diese Größe stellt aber nichts anderes dar als die Differenz zwischen der Molekularrefraktion parallel zum Feld und der Molekularrefraktion senkrecht zum Feld für die Einheit des Lichtweges im Felde Eins. Man sieht auch sofort ein, daß diese Größe in Lösungen sich additiv verhält, solange keine Störungen durch Assoziation oder andere Einflüsse in den Lösungen auftreten. Zum Vergleich untereinander sind jedoch nur Werte geeignet, die unabhängig sind vom Einfluß des inneren Feldes. Dieser Einfluß wird nach Gleichung (3) bis auf einen konstanten Faktor wiedergegeben durch den Ausdruck $(\varepsilon+2)$. Zufolge der quadratischen Feldabhängigkeit können wir die „molekulare Kerrkonstante" $\mathfrak{K}$ einer Substanz definieren durch:

$$\left.\begin{aligned}E^2\cdot\mathfrak{K}&=\frac{n_p-n_s}{n_0}\cdot\frac{6n_0^2}{(n_0^2+2)^2}\cdot\frac{1}{(\varepsilon+2)^2}\cdot\frac{M}{\varrho}\\&=\frac{2\pi}{9}N_L[\Theta_1+\Theta_2]E^2.\end{aligned}\right\}\quad(13)$$

Bis auf den konstanten Faktor 6 ist dieser Ausdruck für die molare Kerrkonstante identisch mit dem von Briegleb (8a) gegebenen. Nur glauben wir, daß in dieser Form die molare Kerrkonstante auch anschaulich definiert ist. Die molare Kerrkonstante $\mathfrak{K}$ ist also definiert als Unterschied der Molekularrefraktionen parallel und senkrecht zum äußeren Feld, für die Einheit des Lichtweges im Felde 1 ESE., wobei der Einfluß des inneren Feldes mit berücksichtigt ist. Für den Fall einer Lösung ist die Konstante „$\mathfrak{K}_{12}$" gegeben durch die Beziehung:

$$\left.\begin{aligned}\text{„}\mathfrak{K}_{12}\text{"}&=\frac{n_p-n_s}{n_{12}}\cdot\frac{6n_{12}^2}{(n_{12}^2+2)^2}\cdot\frac{1}{(\varepsilon_{12}+2)^2}\cdot\frac{M_{12}}{\varrho_{12}}\\&=\frac{2\pi}{9}N_L[(\Theta_1'+\Theta_2')f_1+(\Theta_1''+\Theta_2'')f_2]E^2.\end{aligned}\right\}\quad(14)$$

Die wesentlichste Frage bei der Messung des Kerreffektes an verdünnten Lösungen ist die nach der Extrapolation auf den unendlich verdünnten Zustand. Die „molare Kerrkonstante", wie sie durch diese Gleichung (14) gegeben ist, darf aber nicht ohne weiteres als additiv angesprochen werden. Denn additives Verhalten dürfen wir nur erwarten für den Ausdruck (12); er ist aber nicht unabhängig vom inneren Feld. Je kleiner wir aber die Konzentration der gelösten Substanz wählen, desto mehr wird sich der Ausdruck (14) von der Beziehung (12) nur durch den konstanten Faktor $\frac{1}{(\varepsilon_1+2)^2}$ unterscheiden. Es gibt demnach ein Gebiet kleinster Konzentrationen, in dem die beiden Kurven, die durch die Ausdrücke (12) und (14) in Abhängigkeit von der Konzentration gegeben sind, parallel zueinander verlaufen. Das bedeutet aber, daß durch den Ausdruck (12) die Tangentenrichtung im Anfangspunkte an die Kurve gegeben ist, die uns Gleichung (14) ergibt, wenn bei beiden $\mathfrak{K}$ als Funktion der Konzentration dargestellt wird. Eben diese Tangentenrichtung im Punkte der Konzentration Null des gelösten Mittels ist aber maßgebend für die Extrapolation auf unendliche Verdünnung. Der Schnittpunkt der Tangente

Schließlich finden wir:

$$\left.\begin{aligned}R_p&=\frac{n_p^2-1}{n_p^2+2}\cdot\frac{M_1f_1+M_2f_2}{\varrho_{12}}\\&=\frac{4\pi}{3}N_L\{[A_p]f_1+[B_p]f_2\}\end{aligned}\right\}$$

und

$$\left.\begin{aligned}R_s&=\frac{n_s^2-1}{n_s^2+2}\cdot\frac{M_1f_1+M_2f_2}{\varrho_{12}}\\&=\frac{4\pi}{3}N_L\{[A_s]f_1+[B_s]f_2\}.\end{aligned}\right\}\quad(10)$$

Der direkten Messung zugänglich ist beim Kerreffekt die Größe $\frac{n_p-n_s}{n_{12}}$. Bilden wir die Differenz zwischen R_p und R_s, so bekommen wir:

$$R_p-R_s=\frac{4\pi}{3}N_L\left\{f_1\left[3(\Theta_1'+\Theta_2')\frac{Z^2}{2}\right]+f_2\left[3(\Theta_1''+\Theta_2'')\frac{Z^2}{2}\right]\right\}\quad(11)$$

mit der Ordinate der Konzentration „Eins" des gelösten Mittels ergibt den gesuchten Extrapolationswert. Um vom inneren Feld des Lösungsmittels loszukommen, müssen wir diesen Wert noch mit $\frac{1}{(\varepsilon_1+2)^2}$ multiplizieren, wobei ε_1 die DK. des Lösungsmittels ist. Fig. 1 wird diese Methode der Extrapolation am eindringlichsten

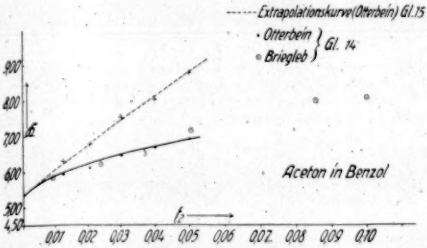


Fig. 1.

rechtfertigen. Das Diagramm zeigt die Werte von Azetonlösungen in Benzol. Die Messungen wurden bei 20° C ausgeführt (siehe Tabelle III). Die von uns benutzte Mischungsformel, die zur Extrapolation verwandt wurde, ist demnach von der Form:

$$\mathfrak{R}_{12} = K_c \cdot \frac{6 n_{12}^2}{(n_{12}^2+2)^2} \cdot \frac{1}{(\varepsilon_1+2)^2} \cdot \frac{M_{12}}{\varrho_{12}}. \quad (15)$$

In dem wiedergegebenen Diagramm sind einmal diese $\mathfrak{R}_{12}$-Werte als Funktion der Konzentration aufgetragen (gestrichelte Kurve) und in der ausgezogenen Kurve sind die ε_1 durch die entsprechenden ε_{12}-Werte ersetzt. Man sieht ohne weiteres, daß nur die Beziehung (15) ein additives Verhalten zeigt im Gegensatz zu (14). Die in Kreisen eingezeichneten Punkte geben die von Briegleb (8b) gemessenen Werte wieder, die nach seinen Angaben für unsere Zwecke umgerechnet wurden.

Die Werte von $\mathfrak{R}_{12}$ liegen in dem von uns untersuchten Konzentrationsbereich unter Berücksichtigung der möglichen Fehler, in Abhängigkeit von der Konzentration aufgetragen, auf Geraden. Die Extrapolation erfolgte jeweils so, daß mit der Methode der kleinsten Quadrate die Gleichung dieser Geraden bestimmt wurde, und deren Schnittpunkt mit der Ordinate der Konzentration „Eins" des gelösten Mittels berechnet wurde.

Eines der schönsten Beispiele für die Möglichkeit, das Moment eines Moleküls aus den Einzelmomenten der Substituenten zu berechnen, stellen die isomeren Substitutionsprodukte des Benzols dar. Wir haben daher die Dichlorbenzole, zusammen mit Chlorbenzol und Benzol, am eingehendsten zur Lösung der von uns aufgerollten Frage herangezogen.

In zwei kleineren Mitteilungen (10a, b) haben wir den von uns eingeschlagenen Weg bereits beschrieben. Wir verzichten auf eine nochmalige Erörterung unserer Auffassung und beschränken uns auf die Durchrechnung eines Beispiels. Wir wählen den Fall des Ortho-Dichlorbenzols, dessen Modell uns Fig. 2 veranschaulicht. Der rotationssymmetrische Benzolring habe die Polarisierbarkeiten $(\alpha_1, \alpha_1, \gamma_1)$. Die

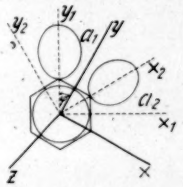


Fig. 2.

ebenfalls rotationssymmetrisch angenommenen Chlorsubstituenten seien in unserem Sinne durch die Polarisierbarkeiten $(\alpha_2, \alpha_2, \beta_2)$ charakterisiert. Das elektrische Feld habe für die einzelnen Teile, aus denen das Molekül zusammengesetzt ist, die Komponenten (X_i, Y_i, Z_i).

Die potentielle Energie im elektrischen Feld kann für die einzelnen Teile in folgender Form angeschrieben werden:

$$-2U_{C_6H_6} = (\alpha_1 X^2 + \alpha_1 Y^2 + \gamma_1 Z^2),$$
$$-2U_{Cl_1} = (\alpha_2 X_1^2 + \beta_2 Y_1^2 + \alpha_2 Z_1^2),$$
$$-2U_{Cl_2} = (\beta_2 X_2^2 + \alpha_2 Y_2^2 + \alpha_2 Z_2^2).$$

Anschaulich ist sofort einzusehen, daß die Hauptachsen des Moleküls in die Richtungen (x, y, z) fallen (Fig. 2), daher müssen die Feldkomponenten $(X_1, Y_1; X_2, Y_2)$ auf diese Achsen transformiert werden.

Ist 2φ der Winkel zwischen den beiden Substituenten und setzen wir noch $\cos\varphi = m$ und $\sin\varphi = n$, so können wir den Polarisationsanteil der potentiellen Energie des gesamten Moleküls berechnen als Summe der einzelnen Beiträge. Daher wird, wie leicht nachzurechnen ist:

$$-2U_{C_6H_4Cl_{2\,\mathrm{ortho}}} = [(\alpha_1 + 2m^2\alpha_2 + 2n^2\beta_2)X^2 + (\alpha_1 + 2n^2\alpha_2 + 2m^2\beta_2)Y^2 + (\gamma_1 + 2\alpha_2)Z^2].$$

Die resultierenden Polarisierbarkeiten in Richtung der Hauptachsen lassen sich ohne weiteres ablesen. Bei allen übrigen Molekülen geht die Rechnung natürlich analog.

Nun hat Gans (17) gezeigt, daß man – ausgenommen im Gebiet anomaler Dispersion —

die statischen Polarisierbarkeiten a_i den optischen (frequenzabhängigen) b_i in erster Näherung gleichsetzen darf.

Die molare Kerrkonstante ist gemäß unseren früheren Ausführungen proportional dem Ausdruck $(\Theta_1 + \Theta_2)$. Sie wird daher:

$$\mathfrak{K} = A\left\{[(b_1-b_2)^2+(b_2-b_3)^2+(b_3-b_1)^2]+\frac{1}{kT}[(\mu_1^2-\mu_2^2)(b_1-b_2)+(\mu_2^2-\mu_3^2)(b_2-b_3)+(\mu_3^2-\mu_1^2)(b_3-b_1)]\right\}. \quad (16)$$

Dabei wird der Faktor A:

$$A = \frac{2\pi}{9} N_L \cdot \frac{1}{45\,kT} \quad (17)$$

In den Ausdruck (16) für $\mathfrak{K}$ setzen wir die für die Hauptachse gefundenen Werte der Polarisierbarkeiten und Momente ein. Als abkürzende Bezeichnungen setzen wir noch:

$$\alpha_1 - \gamma_1 = s \quad \text{und} \quad \alpha_2 - \beta_2 = S.$$

Die Rechnung liefert uns für die Kerrkonstanten der betrachteten Moleküle 5 Bestimmungsgleichungen von der Form:

$$\left.\begin{aligned}
\mathfrak{K}_{\text{ortho}} &= A\left[8S^2(m^4+n^4-m^2n^2)-4sS(m^2+n^2)+2s^2-\frac{\mu^2}{kT}S(4m^2-2n^2)+\frac{\mu^2}{kT}s\right],\\
\mathfrak{K}_{\text{meta}} &= A\left[8S^2(m^4+n^4-m^2n^2)-4sS(m^2+n^2)+2s^2-\frac{\mu^2}{kT}S(4m^2-2n^2)+\frac{\mu^2}{kT}s\right],\\
\mathfrak{K}_{\text{para}} &= A\,[8S^2-4sS+2s^2],\\
\mathfrak{K}_{\text{mono}} &= A\left[2S^2-2sS+2s^2-\frac{2\mu^2}{kT}S+\frac{\mu^2}{kT}s\right],\\
\mathfrak{K}_{C_6H_6} &= A\,[2s^2].
\end{aligned}\right| \quad (18)$$

Mit ihrer Hilfe ist es möglich, die Größen s und S aus den Werten für $\mathfrak{K}$ des Benzols und des Chlorbenzols zu berechnen, wenn man deren Momente kennt. Kennt man die Momente der übrigen Substanzen und die Winkel zwischen ihnen, so kann man jetzt ihre Kerreffekte berechnen und diese Werte mit den experimentell gefundenen vergleichen. Mehr noch, man kann mit Hilfe dieser Bestimmungsgleichungen auch eine Trennung in Polarisationsanteil und Momentanteil des Kerreffektes durchführen, vorausgesetzt, daß überhaupt ein additives Verhalten der Tensoren besteht. Bedingung für diese Betrachtungen ist nur, daß alle Messungen bei derselben Temperatur gemacht werden.

III. Experimenteller Teil.

Kerr hat 1875 die Erscheinung der Doppelbrechung im elektrischen Feld entdeckt und in verschiedenen Arbeiten (18) bereits die hauptsächlichsten Merkmale dieses (nach ihm benannten) Phänomens beschrieben. Er wies darauf hin, daß zumindest ein direkter Einfluß des elektrischen Feldes auf die Moleküle da sein müsse, fand die quadratische Abhängigkeit des Effektes vom Feld (wie sie ja von der Orientierungstheorie wie auch von der Voigtschen Theorie gefordert wird) und bemerkte, daß ein Zusammenhang zwischen Molekülstruktur und Kerreffekt besteht. Die Beobachtungen Kerrs wurden im allgemeinen durch Röntgen (19), Quincke (20) und Brongersma (21), die quadratische Feldabhängigkeit des Effektes insbesondere von Lemoine (22) und in überzeugender Weise von Chaumont (23) bestätigt.

Das Prinzip der Messung des Kerreffektes ist folgendes. Man bringt ein Medium unter den Einfluß eines elektrischen Feldes und schickt senkrecht zu diesem statischen Feld einen linear polarisierten Lichtstrahl hindurch, so daß seine Polarisationsebene mit der Feldrichtung einen Winkel von 45° bildet. Dadurch ist erreicht, daß die Schwingungsrichtungen des einfallenden Lichtes einmal parallel und einmal senkrecht zum statischen Feld gerichtet sind. Nach dem Austritt aus dem Feld sind die beiden Komponenten nicht mehr in Phase, es tritt ein Gangunterschied auf.

Die Messung der Doppelbrechung und des elektrischen Feldes sind demnach die Hauptfaktoren der experimentellen Untersuchung des Kerreffektes. Die in unserer vorläufigen Mitteilung (10a) beschriebene Apparatur gestattete noch keine genügend genauen Messungen an verdünnten Lösungen, so daß keine quantitativen Angaben gemacht wurden. Die auftretenden Gangunterschiede sind von der Größenordnung $1 \cdot 10^{-3}\,\lambda$ bis $2 \cdot 10^{-2}\,\lambda$. Die Versuche mit einigen Kompensatoren (Babinet-Soleil-Keil, Berekscher Kompensator, Sénarmontscher Kompensator) zeigten nur, daß sie den Anforderungen nicht standhalten. Einzig der von Brace (25) angegebene Kompensator erwies sich als brauchbar. Dieser Kompensator soll darum kurz erläutert werden.

Der Kompensator: Beim Braceschen Kompensator befindet sich zwischen gekreuzten Nicols eine doppelbrechende Platte, die Kompensatorplatte, deren Phasendifferenz bekannt sein muß. Sie besitzt ein variables Azimut. Eine zweite, nur das halbe Gesichtsfeld bedeckende doppelbrechende Platte ist die zur genaueren Beobachtung nötige Halbschattenplatte. Die Einstellung des Kompensators erfolgt auf gleiche Dunkelheit des Gesichtsfeldes.

Die Wirkungsweise dieses Kompensators wie auch seine Konstruktion ist in erster Linie von Bergholm (26) und Szivessy (27) erläutert worden. Eine genauere Diskussion dieses Kompensators ist dann noch gegeben worden von Wedeneewa (28), die einmal darauf hinwies, daß zur Bestimmung kleiner Phasendifferenzen Kompensationsplättchen von sehr geringem Gangunterschied nicht so geeignet sind wie solche mittleren Gangunterschiedes. Sodann zeigte sie, daß die Halbschattenplatte nicht unter einem festen Azimut von 45° (bezüglich der Schwingungsrichtungen im Analysator) zu stehen braucht, sondern daß eine Halbschattenplatte mit variablem Azimut eine Einstellung derselben auf die größte Empfindlichkeit für die benutzte Wellenlänge gestattet.

Ist φ die Phasenverzögerung der Kompensationsplatte und δ die der Halbschattenplatte, so gelten, wenn φ und die zu messende Phasenverzögerung Δ nicht sehr klein sind, die folgenden Beziehungen:

$$\operatorname{tg}\left(\Delta+\frac{\delta}{2}\right)=\frac{\sin 2\alpha \sin\varphi}{1-2\sin^2 2\alpha \sin^2\varphi/2} \qquad (19)$$

und

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\delta}{2}\right)=\frac{\sin 2\alpha_0 \sin\varphi}{1-2\sin^2 2\alpha_0 \sin^2\varphi/2}. \qquad (20)$$

Dabei sind $2\alpha_0$ und 2α die Halbschattenazimute einmal ohne und einmal mit Einschaltung der zu messenden Phasendifferenz. Nach Fig. 3 werden die

Fig. 3.

Azimute 2α bzw. $2\alpha_0$ aus den vier Ablesungen p_1, p_2, p_3, p_4 am Kompensatorteilkreis, für die gleiche Dunkelheit des Gesichtsfeldes herrscht, durch die Beziehung:

$$\left.\begin{aligned} 2\alpha &= \frac{\pi}{2}-(p_2-p_1)=(p_3-p_2)-\frac{\pi}{2} \\ &= \frac{\pi}{2}-(p_4-p_3)=(p_1-p_4)+\frac{3\pi}{2} \end{aligned}\right| \qquad (21)$$

bestimmt. Die in den beiden Ausdrücken (19 und 20) im Nenner stehenden Größen sind Korrekturglieder, die bei einer mittleren Phasenverzögerung des Kompensationsplättchens nicht ohne weiteres vernachlässigt werden dürfen, da $\sin^2\varphi/2$ nicht gleich Null gesetzt werden darf und ebensowenig $\sin^2 2\alpha$ nicht immer vernachlässigt werden kann. Man muß sich bei jeder Messung Rechenschaft darüber ablegen, ob eine Vernachlässigung der Korrektion gestattet ist oder nicht. Bei einer Messung ist es gleichgültig, ob während der Dauer der Messung irgendein Medium konstanter Doppelbrechung (homogen über das Gesichtsfeld) außer der zu messenden Größe Δ sich im Strahlengang befindet. Denn dies bedeutet nur, daß in den beiden Beziehungen (19 und 20) zum Ausdruck $\frac{\delta}{2}$ jeweils noch eine feste Größe ϑ hinzukommt. Aus den Ausdrücken für $\operatorname{tg}\left[\Delta+\left(\frac{\delta}{2}+\vartheta\right)\right]$ und $\operatorname{tg}\left(\frac{\delta}{2}+\vartheta\right)$ kann dann der Wert von Δ leicht bestimmt werden.

Da uns ein Bracescher Kompensator nicht zur Verfügung stand, fertigten wir uns einen solchen selbst an. Von einem unbenutzten Saccharimeter mit sehr gutem Teilkreis wurde dieser samt seiner Halterung abmontiert und die Halterung fest auf einen Zeißfuß aufgesetzt. Auf den Teilkreis wurde noch eine gute Planplatte, die in der Mitte durchbohrt war, aufgebracht, und zwar so, daß sie parallel zur Ebene des Teilkreises gestellt werden konnte. Auf dieser Platte wurde das Kompensationsplättchen durch Federn angeklemmt. Die Ablesung erfolgt mit Nonius und Lupe auf ein fünfzigstel Grad genau, doch sind die Hundertstel noch gut zu schätzen. Die Kompensationsplättchen wurden durch Spalten von Glimmer selbst hergestellt, und zwischen guten, besonders ausgesuchten Planscheiben oder Deckgläschen mit Kanadabalsam blasenfrei eingekittet.

Für die richtige Justierung des Kompensators wird die Beziehung:

$$p_2-p_1=\pi-(p_3-p_2)=p_4-p_3=-\pi-(p_1-p_4) \qquad (22)$$

angegeben. Stuart (7b) hat darauf hingewiesen, daß dieses Kriterium nur mit Vorsicht zu gebrauchen ist. Natürlich muß bei einem so einfach gestalteten Kompensator viel Mühe auf eine einwandfreie Justierung verwandt werden. Hierbei gingen wir so vor: Hinter dem Polarisatornicol wurde eine Blende von etwa 1 mm Durchmesser angebracht. An Stelle eines Kompensationsplättchens wurde ein oberflächenbelegter Spiegel eingesetzt. Durch schrittweises Verstellen des Kompensators und durch schrittweises Verdrehen um seine vertikale Achse konnte man erreichen, daß der durch die erwähnte Blende austretende Lichtstrahl bei allen beliebigen Stellungen des Teilkreises (d. h. bei einer vollen Umdrehung) in sich selbst reflektiert wurde. Nach dem Auswechseln des Spiegels mit einem Kompensationsplättchen wurden dann auch alle für eine genaue Justierung maßgebenden Beziehungen erfüllt. Insbesondere waren die Auslöschungen verschiedener Glimmerplättchen innerhalb der durch die Nicols gegebenen Grenze von 6 Minuten um 90° gegeneinander verschoben. Wir halten diese Art der Justierung für die einfachste und zugleich genaueste, denn sie ist ein sicheres Kriterium dafür, daß die einfallende Lichtwelle das Kompensationsplättchen senkrecht durchsetzt. Die von Stuart (l. c.) geäußerten Bedenken gegen die üblichen Kriterien einer genauen Justierung lassen sich wohl auf diesem Wege am einfachsten beheben und besonders ist so eine schnelle und sichere Prüfung der Justierung immer möglich.

Das Halbschattensystem ist nach dem Vorschlag von Wedeneewa (28) ein durch einen Teil-

kreis in seiner Ebene drehbares Glimmerplättchen, das die Hälfte des Gesichtsfeldes bedeckt. Die Glimmerplättchen sind frei über die eine Hälfte einer Blende von 2 mm Durchmesser gespannt. Die besten und schärfsten Einstellungen werden durch Plättchen erzielt, die im auffallenden weißen Licht eine dunkelrote Interferenzfarbe zeigten. Mit einiger Mühe waren immer solche Plättchen zu erhalten, bei denen die Trennlinie des Halbschattens bei Einstellung auf gleiche Dunkelheit vollständig zum Verschwinden kam. Da bei eingekitteten Halbschattenplättchen diese Einstellungen wesentlich schlechter zu bewerkstelligen waren, so zogen wir es vor, frei aufgespannte Halbschattenplättchen zu benutzen, obwohl sie wegen nicht zu vermeidenden Beschädigungen hier und da ausgewechselt werden mußten.

Die Eichung eines Kompensationsplättchens kann einmal direkt erfolgen durch Bestimmung seines Gangunterschiedes mittels eines Babinet-Soleil-Keiles oder aber durch Vergleich mit einer Eichplatte, deren hinreichend großer Gangunterschied durch Ausmessen mit einem Keilkompensator genau bestimmt werden kann. Es gilt dann die Beziehung:

$$\sin\varphi = \sin\bar{\varphi}\cdot\frac{\sin\overline{2\alpha}}{\sin 2\alpha}. \qquad (23)$$

Man bestimmt also die Halbschattenazimute $\overline{2\alpha}$ bzw. 2α der Eichplatte bzw. der Kompensationsplatte, bei ein und demselben Halbschatten.

Um eine gute Kontrolle unserer Eichung zu haben, gingen wir so vor: Wir verfertigten uns ein möglichst genaues Viertelwellenlängenplättchen (φ_1) für das von uns benutzte Licht, ebenso eines, das etwa ein Achtel Wellenlänge Gangunterschied (φ_2) zeigte, und schließlich ein ausgesucht gutes Glimmerplättchen (φ_3), das bei unseren Messungen zur Kompensation verwandt wurde. Diese drei Plättchen wurden mit einem Babinet-Soleil-Keil ausgemessen. Die Messungen mit diesem Kompensator wurden ebenfalls mit Hilfe von Halbschattenablesungen ausgeführt. Nachdem so die Gangunterschiede der Plättchen bestimmt waren, wurden sie gemäß Gleichung (23) untereinander verglichen. Wie Tabelle I zeigt, gelangt man so zu Werten, die recht gut übereinstimmen. Der gefundene Mittelwert von 12° 12,0′ für φ_3 darf als hinreichend genau betrachtet werden.

Tabelle I.
Eichwerte für benutzte Glimmerplättchen.

Plättchen	Phasenverzögerung	Kompensationsmethode
φ_1	90° 17,3′	Babinet-Soleil-Keil
φ_2	44° 33,9′	Babinet-Soleil-Keil
φ_3	12° 13,1′	Babinet-Soleil-Keil
φ_2	44° 34,3′	Vergleich mit φ_1
φ_3	12° 10,9′	Vergleich mit φ_1
φ_3	12° 12,1′	Vergleich mit φ_2

Die kleinsten bei unseren Messungen auftretenden Gangunterschiede waren etwa von der Größenordnung $1\cdot10^{-3}\lambda$. Mit der beschriebenen Apparatur konnte ein Gangunterschied von $1\cdot10^{-3}\lambda$ auf 3 Proz., d. h. auf $3\cdot10^{-5}\lambda$ genau bestimmt werden.

Die Apparatur.

Die experimentelle Anordnung war, wie Fig. 4 zeigt, die übliche. Bis auf die Lichtquelle waren alle Teile der Apparatur auf einer optischen Bank montiert. Die Lichtquelle Q wird durch die

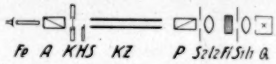


Fig. 4.

Linse l_1 auf die Lochblende S_1 scharf abgebildet. Von dieser Blende wird durch die Linse l_2 ein geeignetes Bild in der Ebene des Halbschattens HS entworfen. Dabei passiert das Licht das Filter Fi, eine zweite Blende S_2, die störendes Nebenlicht fernhält, das Polarisatornicol P, die Kerrzelle KZ und nach dem Halbschatten HS den Kompensator K, hierauf das gegen P um 90° gedrehte Analysatornicol A und schließlich noch das Fernrohr Fe, das auf den Halbschatten HS scharf eingestellt ist.

Als Lichtquelle benutzen wir eine Glas-Quecksilberlampe. Die Verwendung erfolgt als „end-on"-Lampe. Als Filter zur Monochromatisierung des Lichtes wird das von Zeiß für die grüne Quecksilberlinie 5461 Å hergestellte Grünfilter benutzt. Polarisator wie Analysator sind Prismen nach der Bauart von Glan-Thompson. Der Polarisator ist fest unter einem Winkel von 45° seiner Schwingungsrichtung gegen die Lotrechte orientiert, der Analysator befindet sich in einem Teilkreis, der Minuten abzulesen gestattet.

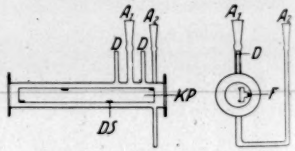


Fig. 5.

Fig. 5 zeigt die von uns benutzte Kerrzelle im Querschnitt und den Aufriß eines Längsschnittes. Die Zelle ist aus Glas angefertigt und trägt zwei Ansätze A_1 und A_2, die zur Füllung bzw. Leerung dienen. Mit Hilfe der angesetzten Schliffe kann beides pneumatisch erfolgen. Die Ansätze D dienen zur Einführung der Spannung führenden Drähte in die Zelle; sie werden dicht abgeschlossen. Die Enden der Zelle sind genau planparallel zueinander geschliffen. Als Verschluß dienen Glasplatten, die in der Mitte noch einmal durchbohrt sind. Diese Öffnungen werden mit in bezug auf optische Homogenität ausgesuchten guten Deckgläschen verschlossen, so daß das Zelle und Kondensator durchsetzende Licht nur durch diese Deckgläschen hindurchgeht. Dadurch wird die Doppelbrechung, die

durch die Glasteile der Zelle bedingt sein kann, auf ein Minimum beschränkt. Der Kondensator besteht aus zwei vernickelten Messingplatten *KP*. Diese haben ein T-Profil, weil wir die Erfahrung machen mußten, daß sich einfache Messingplatten, wohl infolge der Wirkung des Feldes und der durch die Bearbeitung verursachten mechanischen Spannungen, durchbogen und ein definierter Abstand nicht mehr garantiert war. Als Distanzstücke *DS* werden genau geschliffene Quarzplättchen verwandt, die über die Plattenlänge gleichmäßig verteilt und überdies gegeneinander versetzt sind. Dadurch ist ein Verbiegen der Platten unwahrscheinlich gemacht. Das Plattensystem, der „Kerrkondensator", wird durch Federn *F* in der Glaszelle gehalten. Die Kondensatorplatten sind so plan geschliffen, daß beim einfachen Aufeinanderlegen der Platten kein Licht mehr hindurchscheinen kann, in welcher Richtung man dies auch zu sehen versucht. Die fertig zusammengebaute Zelle wird in einen Metallmantel eingeführt, durch den aus einem geeigneten Reservoir, das zugleich als Thermostat benutzt werden konnte, dauernd Eiswasser hindurchgepumpt wird. Dadurch ist bei unserem System eine konstante Meßtemperatur sichergestellt. Der Temperaturausgleich zwischen Zelle und Kühlmantel stellt sich bei $4{,}0° \pm 0{,}2°$ C ein. Meist aber ist die Schwankung kleiner, so daß sich die einzelnen Temperaturen einer Meßreihe höchstens um 0,2° unterscheiden. Gemessen wird die Temperatur der Zelle mit einem eigens angefertigten Thermometer, dessen Quecksilbergefäß so dünn ausgezogen ist, daß es durch den Ansatz A_1 hindurch gerade zwischen die Kondensatorplatten eingeführt werden kann. Die Skala ist in Zehntel Grade eingeteilt. Die Ablesungen an diesem Thermometer werden nach einer Eichtabelle korrigiert, die durch Vergleich mit einem von der PTR. geeichten Normalthermometer aufgestellt ist.

Als Spannungsquelle für den elektrischen Teil unserer Apparatur wird ein fremderregtes Gleichstromhochspannungsaggregat verwandt. Durch Regulierung der Erregung ist jede gewünschte Spannung bis 10000 Volt zu entnehmen. Das Aggregat liefert bis zu 30 Minuten eine Spannung ohne meßbare Änderung. Aus zweckdienlichen Gründen ist kein Pol geerdet. Ein Widerstand von etwa 3 Megohm hatte beim Vorschalten vor den Kerrkondensator keinen meßbaren Spannungsabfall zur Folge. Eine größere Meßreihe mit und ohne diesen Widerstand bei einigen Substanzen ergab keinen Einfluß des Vorwiderstandes auf die Meßergebnisse. Bei leicht brennbaren Substanzen (Hexan) wird dieser Sicherheitswiderstand benutzt, um bei etwaiger Funkenbildung im Kondensator diese zu unterdrücken und so eine Entzündung der Substanz zu verhindern. Die Messung der Spannung am Kondensator erfolgt über einen Hochohmwiderstand von 1 Megohm (dessen Genauigkeit mit $^1/_{10}$ Promille angegeben werden kann), der parallel zum Kerrkondensator liegt. Die Strommessung im Nebenkreis erfolgt über zwei hintereinander geschaltete Präzisionsmilliamperemeter gleicher Bauart von Siemens & Halske (Kontrolle!).

Prüfung der Apparatur: Als geeignetste Substanz zur Prüfung unserer Apparatur kam nur Schwefelkohlenstoff in Frage. Diese Substanz ist am eingehendsten untersucht worden und ihre Kerrkonstante ist von Chaumont (23) und von Lyon (24) sehr genau bestimmt worden. Die in Tabelle II wiedergegebenen Werte sind doppelt bestimmt. Einmal wurde direkt vor dem Polarisator eine Schlitzblende so angebracht, daß die Kondensatorplatten nicht vom durchgehenden Licht gestreift wurden. Mit dieser Anordnung wurde gemessen; dann wurde die erwähnte Blende weggebracht und die Messung wiederholt. Es konnte in keinem Falle mit Blende eine andere Einstellung der Kompensatoren (Babinet-Soleil und Brace) festgestellt werden als ohne Blende. Lediglich die Intensität des Lichtes war ohne Blende merklich stärker. Daher wurde bei allen folgenden Messungen auf eine solche Blende überhaupt verzichtet.

Tabelle II.
Kerrkonstante des Schwefelkohlenstoffs.

$B \cdot 10^7$	Volt/cm	Kompensationsmethode
3,56	25630	Babinet-Soleil-Keil
3,54	28430	Babinet-Soleil-Keil
3,56	32720	Babinet-Soleil-Keil
3,53	11400	Brace
3,56	17060	Brace
3,55	21460	Brace

Die Messungen wurden bei einer Temperatur von 20° und für die Wellenlänge 5461 Å bei verschiedenen Feldstärken ausgeführt. Der Mittelwert von $B = 3{,}55 \cdot 10^{-7}$ stimmt mit den Messungen von Chaumont (23), der für dieselbe Linie und Temperatur einen Wert von $3{,}579 \cdot 10^{-7}$ findet, und mit dem Resultat von Lyon (24), der ebenfalls bei gleichen Bedingungen gemessen hat und einen Wert von $3{,}55 \cdot 10^{-7}$ angibt, gut überein.

Zum Schluß bleibt noch einiges zu sagen über die Behandlung der von uns gemessenen Substanzen. Als Lösungsmittel wurden verwandt Tetrachlorkohlenstoff „reinst pro analysi", Hexan aus Petroleum und Benzol „terpenfrei", alle von Kahlbaum bezogen. CCl_4 und C_6H_{14}[1]) wurden über Phosphorpentoxyd getrocknet und vor jeder Meßreihe die genügende Menge fraktioniert destilliert. Benzol wurde sehr gut über *Na* getrocknet und über *Na* destilliert. Vor der Destillation hat sich eine Filterung durch ein enges Glasfilter Nr. 4 von Schott zur Vermeidung von suspendiertem Staub und ähnlichen Verunreinigungen in den Substanzen bestens bewährt.

Von den in Lösung gemessenen Substanzen wurden Benzol, Chlorbenzol, Brombenzol, Jodbenzol, die Dichlorbenzole mit Ausnahme von meta-Dichlorbenzol, Naphthalin und Azeton in der reinst erhältlichen Form von Kahlbaum bezogen. Die meta-Form des Dichlorbenzols wurde teils von

[1]) CCl_4 sollte wegen seiner hohen Symmetrie ein besonders gutes Lösungsmittel sein, ein Umstand, auf den auch Stuart (7c) hingewiesen hat, während Briegleb (8b) die Eignung dieses Lösungsmittels wegen seiner starken einzelnen Gruppenmomente bestritt. Zum Vergleich wurden deshalb noch Messungen an Hexanlösungen vorgenommen, da Hexan als besonders „indifferentes" Lösungsmittel gilt.

der Firma Th. Schuchardt, teils von der Firma Dr. Fränkel und Dr. Landau bezogen. Schließlich wurde uns α- und β-mono-Chlornaphthalin von Herrn Prof. Dr. C. Weygand[1]) in reinster Form hergestellt. Die Reinigung eines Teils unserer Substanzen wurde ebenfalls von ihm besorgt, der Rest wurde von uns selbst nach seinen Ratschlägen behandelt.

IV. Meßergebnisse und Diskussion.

Ein wesentliches Moment ist die Frage nach der Genauigkeit der Messungen. Bereits Stuart (7b) wies darauf hin, daß im allgemeinen die Genauigkeit in den vorhandenen Arbeiten über den Kerreffekt überschätzt wurde.

Die Kenntnis der Verzögerung unseres Kompensationsplättchens ist auf rund 0,3 Proz. genau. Wir wollen die von uns hierfür gegebene Größe von 12° 12′ als genau gegeben betrachten, da die übrigen Einflüsse auf den Gang der Fehler wesentlich größer sind.

Als größten Fehler in der Bestimmung der Gangunterschiede können wir 3 Proz. angeben. Zur Bestimmung der Konstanten K_ε ist noch nötig die Kenntnis der Länge des Lichtweges im Feld, des Brechungsindex der gemessenen Substanz (oder Lösung), der Wellenlänge des benutzten Lichtes und der Größe des Feldes. Die mittlere Länge des Kondensators beträgt $149{,}8 \pm 0{,}4$ mm, d. h. der Fehler beträgt etwa 0,3 Proz. Die Länge des Lichtweges im Feld wurde wegen der Randfelder des Kondensators nach Chaumont (23) korrigiert. Der gesuchte Lichtweg hat demnach den Wert 15,15 cm; er ist auf 0,5 Proz. genau. (Die Distanzstücke haben eine Dicke von $3 \pm 0{,}005$ mm, die Kondensatorplatten sind 15 mm hoch und 5 mm dick.) Die durch das Feld bedingte Ungenauigkeit geht mit dem doppelten Betrage ein, da ja der Effekt vom Quadrat des Feldes abhängig ist. Das Feld ist bestimmt durch die Messung der Spannung am Kondensator und durch den Abstand der Kondensatorplatten. Gemäß der Angabe über den Plattenabstand ist der dadurch bedingte doppelte Fehler etwa 0,5 Proz. Der gesamte Fehler in der Spannungsmessung kann zu etwa 0,3 Proz. angegeben werden; demnach ist der dadurch bedingte Fehler der Kerrkonstanten höchstens 1 Proz. Der Brechungsindex wird jeweils bei Zimmertemperatur mit einem Abbeschen Refraktometer für die Natriumlinie bestimmt. Der so gemessene Wert wird mit Hilfe der aus Tabellen entnommenen Dispersion des Lösungsmittels (oder der reinen Substanz) für die von uns verwandte Linie umgerechnet. Die Kenntnis der dritten Dezimale ist hinreichend. Eine Reduktion auf unsere übliche Meßtemperatur von 4° wird nicht vorgenommen, da der dadurch bedingte Fehler gegen die sonst aufgezeigten Ungenauigkeiten vernachlässigt werden darf. Zur Berechnung der „molaren Kerrkonstanten" ist noch nötig die Kenntnis der Dichte, der DK. und bei Lösungen die Kenntnis des Molenbruches. Die Dichte wird mit einem Pyknometer für die jeweilige Meßtemperatur bestimmt. Die Genauigkeit der Dichte sowie der für die Extrapolation benötigten Molenbrüche ist ebenfalls so hoch, daß deren Fehler nicht ins Gewicht fallen. Aus bereits erläuterten Gründen ist nur die Kenntnis der DK. des Lösungsmittels nötig; die DK.-Werte werden den Tabellen von Landolt-Börnstein und den Critical Tables entnommen.

Die Einzelmessung einer Kerrkonstanten ist unter Berücksichtigung aller möglichen Fehler um höchstens 5 Proz. ungenau. Mit steigender Konzentration der Lösungen nimmt dieser Fehler im allgemeinen natürlich ab, da die Bestimmung des Gangunterschiedes genauer wird. Um eine möglichst gute Bestimmung der Gangunterschiede zu erhalten, werden sämtliche Einstellungen am Kompensator je zehnmal in allen vier Quadranten abgelesen und über die Werte gemittelt.

In der folgenden Tabelle bedeuten f_2 die Konzentration des gelösten Mittels, ϱ_{12} die Dichte der Lösung, n_{12} den Brechungsindex der Lösung, ε_{12} die Dielektrizitätskonstante der Lösung, K_ε die Kerrkonstante und $\mathfrak{K}_{12}$ die molare Kerrkonstante der Lösung (berechnet nach der angegebenen Mischungsformel). In der letzten, für sich abgegrenzten Spalte, sind unter der Konzentration $f =$ „1,00000" die für das gelöste Mittel extrapolierten Werte der molaren Kerrkonstanten angegeben.

In dieser Tabelle III sind die Meßergebnisse der Lösungen von Azeton in Benzol, Hexan und Tetrachlorkohlenstoff bei 20° Temperatur wiedergegeben. Die angegebenen DK.-Werte wurden nach Angaben von Müller (11), der die DK. des gleichen Azetons bei niedrigeren Konzentrationen bei gleicher Temperatur gemessen hat, unter der Annahme berechnet, daß sich die Molarpolarisation bis in das von uns gemessene Gebiet von etwa 5 Molprozent additiv verhält[1]).

Bei der Deutung der Ergebnisse von Kerreffektsmessungen tritt immer wieder die Frage auf, wie sich zwei oder mehrere fest aneinandergekoppelte isotrope Atome unter dem Einfluß eines äußeren elektrischen Feldes verhalten. Die Antwort gibt die von Silberstein (9) entwickelte

1) Wir sind Herrn Prof. Dr. Weygand für die Herstellung dieser Substanzen sowie für seine stete Hilfe mit Rat und Tat zu großem Dank verpflichtet.

1) Die übrigen Substanzen wurden von uns bei der bereits angegebenen Temperatur von 4° C gemessen. Die einzelnen Meßwerte können hier nicht alle angegeben werden; sie sind aber jederzeit durch das Leipziger Physikalische Institut zu erhalten.

Tabelle III.

f_2	ε_{12}	n_{12}	$\varepsilon_{12\,ber}$	$K\varepsilon_{12}\cdot 10^{12}$	$\mathfrak{K}_{12}\cdot 10^{12}$
			Azeton in Benzol bei 20°.		
0,00000	0,8790	1,506	2,282	1,480	5,36
0,01250	0,8778	1,503	2,416	1,747	6,31
0,02055	0,8774	1,502	2,507	1,870	6,75
0,03037	0,8768	1,501	2,613	2,088	7,52
0,04019	0,8762	1,500	2,721	2,246	8,08
0,05024	0,8750	1,499	2,830	2,438	8,76
„1,00000"	—	—	—	—	72,60
			Azeton in Hexan bei 20°.		
0,00000	0,6877	1,387	1,920	0,237	1,45
0,00995	0,6881	1,387	1,986	0,405	2,47
0,01989	0,6885	1,386	2,053	0,537	3,26
0,03145	0,6889	1,386	2,130	0,721	4,36
0,04436	0,6893	1,386	2,217	0,930	5,59
0,04906	0,6897	1,386	2,248	1,306	6,21
„1,00000"	—	—	—	—	96,30
			Azeton in Tetrachlorkohlenstoff bei 20°.		
0,00000	1,5944	1,464	2,246	0,319	1,28
0,00990	1,5880	1,463	2,351	0,561	2,24
0,01984	1,5824	1,462	2,455	0,820	3,27
0,02928	1,5752	1,461	2,555	1,070	4,26
0,04135	1,5683	1,460	2,683	1,373	5,45
0,04891	1,5639	1,458	2,762	1,560	6,18
„1,00000"	—	—	—	—	102,00

Theorie der atomaren Dipole. Sie berücksichtigt die gegenseitigen Induktionswirkungen der in den einzelnen Atomen induzierten Momente. Der Grundgedanke der Silbersteinschen Theorie möge der Einfachheit halber an einem zweiatomigen Molekül kurz erläutert werden. Nach Fig. 6 befinden sich zwei isotrope Atome I und II mit den Polarisierbarkeiten α und β in einem elektrischen Felde F. Der Abstand zwischen den Atomen sei r und ein rechtwinkliges Koordinatensystem (x, y, z) so angenommen, daß die x-Achse in Richtung von r fällt.

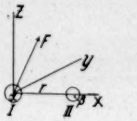


Fig. 6.

Dann seien die Feldkomponenten in Richtung der Achsen die Größen (X, Y, Z). Die potentielle Energie U dieses Systems muß eine quadratische Form der Feldkomponenten sein:

$$2U = -\left[a_{11}X^2 + a_{22}(Y^2 + Z^2)\right].$$

Die Frage ist nun, wie groß werden die Polarisierbarkeiten a_{11} und a_{22}, wenn man berücksichtigt, daß die primär vom Feld induzierten Momente in I und II wiederum gegenseitig induzierte Zusatzmomente in II bzw. I zur Folge haben. Schon rein anschaulich sieht man folgendes: Liegt das Feld in Richtung von r, so wird die Gesamtpolarisierbarkeit größer als die Summe der einzelnen Polarisierbarkeiten ($a_{11} > \alpha + \beta$). Steht hingegen das Feld senkrecht zur Richtung von r, so wird die resultierende Polarisierbarkeit kleiner werden als diese Summe ($a_{22} < \alpha + \beta$).

Die exakten Werte zeigt folgende Rechnung: Für die in I bzw. II induzierten Momente in Richtung der Feldkomponenten X gilt:

$$\left.\begin{aligned} m_1 &= \alpha\left[X + \frac{2m_2}{r^3}\right], \\ m_2 &= \beta\left[X + \frac{2m_1}{r^3}\right]. \end{aligned}\right\} \quad (24)$$

Daraus findet man für

$$m_1 + m_2 = \frac{\alpha + \beta + \frac{4\alpha\beta}{r^3}}{1 - \frac{4\alpha\beta}{r^6}} \cdot X, \quad (25)$$

also für

$$a_{11} = \frac{(\alpha+\beta)\left(1 + \frac{1}{r^3}\cdot\frac{4\alpha\beta}{(\alpha+\beta)}\right)}{1 - \frac{4\alpha\beta}{r^6}}, \quad (26)$$

da $m_1 + m_2 = a_{11} \cdot X$ ist.

Ebenso findet man in Richtung der Komponenten Y und Z:

$$a_{22} = \frac{(\alpha+\beta)\left(1 - \frac{1}{r^3}\cdot\frac{2\alpha\beta}{(\alpha+\beta)}\right)}{1 - \frac{\alpha\beta}{r^6}}. \quad (26')$$

Man sieht also, daß je nach der Lage des äußeren Feldes zur Richtung der Verbindungslinie der beiden Atome die Polarisierbarkeit des Systems in verschiedenen Richtungen verschieden große Werte zeigen wird. Auf Grund dieser Überlegung sind daher oft Schlüsse möglich über die Konstitution von Molekülen, deren Kerreffekt bekannt ist. Umgekehrt kann man bei Kenntnis der Konstitution Aussagen machen über den zu erwartenden Kerreffekt. Insbesondere bietet diese Theorie eine Handhabe, die Richtung größter Polarisierbarkeit zu ermitteln. Trotzdem ist diese Arbeitshypothese meist nur in der Lage, eine qualitative Erklärung der Ergebnisse zu geben, wie dies in den erwähnten Arbeiten von Wolf, Stuart, Brieglеb und Volkmann (l. c.) immer wieder gezeigt wurde.

Die Arbeiten Brieglebs (8a, b) ließen die Möglichkeit, durch Messungen an verdünnten Lösungen Aussagen über das freie Molekül zu gewinnen, zumindest als stark beschränkt, wenn nicht überhaupt als unmöglich erscheinen. Da nur Azeton von Brieglеb in drei Lösungsmitteln (CCl_4, C_6H_6, C_7H_{16}) gemessen worden war, sahen wir in Azeton die geeignete Substanz, um durch eigene Messungen ein Urteil zu gewinnen über die Messungen und Aussagen von Brieglеb. Dabei fanden sich einige Widersprüche zu unseren Messungen. Einmal sind von ihm bei der Bestimmung der Kerrkonstanten B der Lösungsmittel CCl_4 und C_7H_{16}, also solchen mit sehr kleinen Kerrkonstanten, Werte gefunden worden, die unseres Erachtens zu niedrig sind. Tabelle IV zeigt die Werte verschiedener Autoren für die Lösungsmittel Hexan, Heptan und Tetrachlorkohlenstoff.

Man ersieht daraus, daß bis auf einen Fall (CCl_4-Messung von Schmidt) nur von Brieglеb so extrem niedrige Werte gefunden wurden.

Tabelle IV.

Beobachter	$B \cdot 10^7 C_6H_{14}$	$B \cdot 10^7 C_7H_{16}$	$B \cdot 10^7 CCl_4$
Leiser	0,0656	0,124	0,0884
Lippmann	—	—	0,0714
Schmidt .	0,072	—	0,0459
Briegleb .	0,0514	0,0649	0,0714
Otterbein	0,060	—	0,084
Stuart und Volkmann	—	0,0660	0,0842

Bei der von ihm benutzten „Differenzenmethode" der Extrapolation[1]) spielen solche Unterschiede natürlich eine große Rolle. Ferner ist noch zu bemerken, daß nach unseren Ausführungen auf S. 253 von Briegleb (und auch von Stuart und Volkmann (7f), eine Mischungsformel benutzt worden ist, die kein additives Verhalten zeigt.

Tabelle V.
Azeton: Extrapolation aus verschiedenen Lösungsmitteln.

Lösungsmittel		Beobachter		
		Stuart	Briegleb	Otterbein[2])
$K \cdot 10^{12}$ aus	Heptan	—	11	—
	Hexan	—	—	16,1
	Tetrachlorkohlenstoff	—	15,5	17,0
	Benzol	—	8,5	12,1
$K \cdot 10^{15}$ aus Lösung in	Heptan	—	37	—
	Hexan	—	—	53,9
	Tetrachlorkohlenstoff	—	52	57,1
	Benzol	—	29	40,6
$K \cdot 10^{15}$ aus Gas		56,8	—	—

In Tabelle V sind die für Azeton gefundenen Extrapolationswerte und die daraus berechneten Werte für den dampfförmigen Zustand bei 20°C angegeben. Die Resultate von Briegleb sind mit eingetragen, ebenso die von Stuart gemessene Kerrkonstante für den dampfförmigen Zustand des Azetons, umgerechnet auf 20° (der Wert ist übernommen aus der Arbeit von Wolf und Briegleb). Die Umrechnung der Extrapolationswerte erfolgte nach der von Briegleb (8a) gegebenen Methode.

Die von uns gefundenen K-Werte für den gasförmigen Zustand stimmen überraschenderweise für die Lösungsmittel Tetrachlorkohlenstoff und Hexan mit dem von Stuart gefundenen Resultat gut überein. Bei der Extrapolation aus Benzol ist sowohl bei Briegleb wie auch bei uns eine sehr starke Abweichung zu bemerken. Einerseits ist Azeton kein gutes Beispiel, da es auch hinsichtlich der Abhängigkeit seiner Molarpolarisation vom Lösungsmittel eine Sonderstellung einnimmt, wie die Arbeit von Müller (11) gezeigt hat. Andererseits ist es aber doch ein Beispiel dafür, wie vorsichtig man sein muß, wenn man aus seinem Verhalten Schlüsse ziehen will. Nach allen Erfahrungen, die wir machen mußten, ist es bei dem heute vorhandenen Meßmaterial überhaupt nur möglich, bei Kerreffektsmessungen an verdünnten Lösungen jeweils von Fall zu Fall eine Diskussion durchzuführen; Schlüsse allgemeiner Natur sind wohl kaum schon berechtigt.

Eine Deutung des hohen Extrapolationswertes von Azeton aus Tetrachlorkohlenstoff ist wohl im Sinne Brieglebs zu geben, daß für die hohe molare Kerrkonstante die Erhöhung des Momentes von Azeton in CCl_4-Lösungen maßgebend ist. Doch zeigen die Ergebnisse an benzolischer Lösung, daß es ebenso berechtigt wäre, Benzol als „indifferentes" Lösungsmittel auszuschließen, wie dies von Briegleb für Tetrachlorkohlenstoff gefordert wird.

Die Ergebnisse des nächsten Abschnittes und deren Deutung werden zeigen, daß es wohl möglich ist, die von uns vermuteten Zusammenhänge mit Hilfe von Kerreffektsmessungen an Lösungen aufzudecken, auch ohne direkte Aussagen über die Anisotropie des freien Moleküls (Dampfform) (oder doch nur mit Vorbehalten) machen zu können.

Die Chlorbenzole und Benzol: Die Möglichkeit, bei den Dichlorbenzolen den Kerreffekt voraus zu berechnen durch eine Addition der Polarisationstensoren, ist im zweiten Abschnitt dieser Arbeit bereits behandelt worden. Die dort gemachte Annahme, dem Polarisationsellipsoid der Substituenten am Benzolring Rotationssymmetrie zuzuschreiben derart, daß die Achse größter Polarisierbarkeit in Richtung der C–Cl Bindung fällt, findet ihre Rechtfertigung in der Silbersteinschen Theorie. Die Ergebnisse des Experimentes zeigen uns, daß diese Anschauung durchaus berechtigt ist. Die auf S. 254 aufgestellten Gleichungen (18) wurden zur Berechnung der molaren Kerrkonstanten der Dichlorbenzole aus denen des Benzols und des Monochlorbenzols verwandt. In Tabelle VI sind die berechneten und gemessenen Werte dieser Substanzen zusammengestellt. Es bedeuten dabei: $\mathfrak{K}$ die molare Kerrkonstante, $\mathfrak{K}_a$ das Anisotropieglied, $\mathfrak{K}_d$ den Dipolanteil, μ die tatsächlichen Momente und φ den Winkel zwischen Substituent und optischer Hauptachse des gesamten Moleküls.

1) Unter „Differenzenmethode" verstehen wir die Art der Extrapolation, die Kerrkonstante des gelösten Mittels zu

$$\mathfrak{K}_2 = \frac{\mathfrak{K}_{12} - \mathfrak{K}_1 f_1}{f_2}$$

zu berechnen.

2) Um ohne weiteres mit den Brieglebschen Werten vergleichen zu können, wurde der in Gleichung (15) auftretende Faktor 6 weggelassen (vgl. dazu S. 253).

Tabelle VI.

Substanz	$\mathfrak{K} \cdot 10^{12}_{\text{gem.}}$	$\mathfrak{K} \cdot 10^{12}_{\text{ber.}}$	$\mathfrak{K}_a \cdot 10^{12}$	$\mathfrak{K}_d \cdot 10^{12}$	μ	φ
Chlorbenzole: Extrapolation aus Tetrachlorkohlenstoff.						
$C_6H_4Cl_{2\,\text{ortho}}$ ...	234	240	17,2	216,8	2,30	41,7°
$C_6H_4Cl_{2\,\text{meta}}$ ...	64	59	19,0	45,0	1,56	60,0°
$C_6H_4Cl_{2\,\text{meta}}$ ...	64	50	19,4	44,6	1,48	61,7°
$C_6H_4Cl_{2\,\text{para}}$ ...	22	25	22,0	—	—	—
$C_6H_5Cl_{\text{mono}}$ ...	142	[142]	13,1	128,9	1,56	—
C_6H_6	6,4s	[6,4s]	6,4s	—	—	—
Chlorbenzole: Extrapolation aus Hexan.						
$C_6H_4Cl_{2\,\text{ortho}}$ ...	340	314	24,8	315,2	2,33	41,7°
$C_6H_4Cl_{2\,\text{meta}}$ ...	82	73	27,9	54,1	1,60	60,0°
$C_6H_4Cl_{2\,\text{meta}}$ ...	82	63	28,6	53,4	1,52	61,7°
$C_6H_4Cl_{2\,\text{para}}$ ...	35	38	35,0	—	—	—
$C_6H_5Cl_{\text{mono}}$ ...	187	[187]	18,8	168,2	1,69	—
C_6H_6	8,5s	[8,5s]	8,5s	—	—	—

Man sieht, daß die berechneten Werte in guter Übereinstimmung mit den experimentell bestimmten Werten sind. Beim ortho-Dichlorbenzol mußte berücksichtigt werden, daß das tatsächlich gemessene Moment kleiner ist, als man dies bei vollkommener Richtigkeit der vektoriellen Berechnung seines Momentes erwarten sollte. Man kann versuchen, dies durch die Annahme zu erklären, daß die Substituenten infolge ihrer gleichartigen elektrischen Natur einander abstoßen, so daß der Spreizwinkel zwischen ihnen nicht mehr 60° beträgt, wie dies beim „idealen Modell" der Fall sein sollte. Aus dem tatsächlich gemessenen Moment, jeweils durch Vergleich mit dem Momentwert des Monochlorbenzols unter Berücksichtigung des Lösungsmitteleinflusses, berechnet man einen Spreizwinkel von etwa 83,4° für ortho-Dichlorbenzol. Nimmt man diesen Winkel auch zwischen den Hauptachsen der Polarisationsellipsoide der beiden Substituenten an, so ergibt sich eine gute Übereinstimmung zwischen Experiment und Rechnung. Daß diese Abhängigkeit vom Winkel sehr wesentlich ist, ersieht man daraus, daß bei einem fest angenommenen Moment von $\mu = 2{,}30$ (Extrapolation aus CCl_4) für den Winkel $2\varphi = 60°$ ein Wert für $\mathfrak{K} = 325 \cdot 10^{-12}$ errechnet wird. (Der Kerreffekt ist also im Falle der Dichlorbenzole nicht etwa nur eine weitere Methode zur Bestimmung der Momente.) Wenn man auch nicht direkt von einem „gestörten Spreizwinkel" reden sollte, so scheint uns doch die Größe 2φ ein ungefähres Maß für die gegenseitigen Induktionswirkungen der Substituenten untereinander zu sein. Die Berücksichtigung dieses Spreizwinkels 2φ ist im Grunde nichts anderes, als die Anwendung der Silbersteinschen Regel auf die beiden Substituenten. Dafür spricht besonders, daß bei der meta-Konfiguration die Berechnung für das „ideale" Modell wesentlich besser übereinstimmt mit dem gemessenen Wert, als die Berechnung, die für die „wirklichen" Verhältnisse in diesem Sinne angestellt wurden. Die gegenseitige Beeinflussung spielt keine große Rolle mehr, da ja die Substituenten einen beträchtlich größeren Abstand voneinander haben und da die gegenseitige Beeinflussung im Sinne der Silbersteinschen Theorie, wie gezeigt wurde, von der dritten Potenz des Abstandes abhängt. Auf diesem Umstand bei der meta-Stellung der Substituenten haben Stuart und Volkmann (7e) im Falle des m-Xylols bereits hingewiesen.

Da die Übereinstimmung der errechneten und gemessenen Werte befriedigend ist, so können wir eine Trennung in das Anisotropieglied und in den Dipolanteil des molaren Kerreffektes vornehmen. Die dabei errechneten Werte sind in Tabelle VI ebenfalls angegeben. Man sieht, daß bei den Chlorbenzolen nicht ohne weiteres das Anisotropieglied neben dem größeren Dipolanteil vernachlässigt werden kann.

In Dampfform gemessen ist von den von uns untersuchten Substanzen nur das Monochlorbenzol. Stuart und Volkmann geben dafür den Wert $K = 37{,}2 \cdot 10^{-15}$ für $t = 153{,}7°$ C. Die Umrechnung auf unsere Temperatur von 4° C geschah für das Dipolglied mit einer T^3-Abhängigkeit, für das Anisotropieglied mit einer T^2-Abhängigkeit. Dabei findet man einen Wert $K = 127 \cdot 10^{-15}$. Rechnet man die von uns gefundenen Extrapolationswerte um auf den Gaszustand, so findet man bei der Messung aus Hexan einen Wert für $K = 111 \cdot 10^{-15}$ und für die Messung aus CCl_4 einen Wert $K = 84{,}3 \cdot 10^{-15}$. Man sieht, daß diese Werte kleiner sind als der im Gaszustand gefundene und daß der Hexanwert in besserer Übereinstimmung ist, als der aus CCl_4 berechnete.

Stuart und Volkmann (7e) haben am Beispiel der Xylole und des Toluols ebenfalls eine Tensoraddition ausgeführt. Sie berechnen für diese Moleküle direkt die Werte der optischen Polarisierbarkeiten (b_1, b_2, b_3) und durch Vergleich der optischen Polarisationsellipsoide von Benzol und Toluol bestimmen sie das Ellipsoid der CH_3-Gruppe, wobei in diesem Ellipsoid die durch die Wechselwirkung zwischen Benzolring und Substituent bedingte Änderung der Polarisierbarkeiten mit enthalten ist. Hier zeigt sich, daß die Übereinstimmung im Falle der meta-Konfiguration gut ist, nicht aber im Falle des ortho- und para-Xylols. Da aber für Toluol der Momentwert

für meta-Xylol genommen ist und für die benutzten Depolarisationsgrade immerhin noch einige Unsicherheit besteht, ist dies nicht weiter verwunderlich. Ebenso zeigen unsere Ergebnisse, daß die gegenseitigen Induktionswirkungen der CH_3-Substituenten in ortho-Stellung nicht vernachlässigt werden dürfen. Die bei uns gemachte Annahme, dem Substituenten ein Rotationsellipsoid zuzuschreiben, ist durch unsere Ergebnisse gerechtfertigt; daß die in Richtung C–Cl vorhandene Polarisierbarkeit viel größer ist als in den dazu senkrechten Richtungen, zeigen die Werte dieser beiden Autoren, die bei Monochlorbenzol für das Ellipsoid des Substituenten finden, daß $b_x = 0{,}93$, $b_y = 3{,}62$, $b_z = 1.23$ mal 10^{-24} wird. Unsere Messungen ergeben für die Differenz $b_y - b_x$ (wobei $b_x = b_z$ ist) im Falle der Messung im Hexan einen Wert $2{,}96 \cdot 10^{-24}$ und für die Messung in CCl_4 einen Wert $2{,}26 \cdot 10^{-24}$; die mittlere Differenz bei Stuart und Volkmann ist $2{,}54 \cdot 10^{-24}$.

Auffallend ist bei allen Messungen des Kerreffektes an verdünnten Lösungen die starke Abhängigkeit vom Lösungsmittel. Die Extrapolationswerte aus Hexan liegen alle höher als die aus Tetrachlorkohlenstofflösungen gewonnenen Werte. Aber unsere Messungen zeigen doch, daß der allgemeine Zusammenhang der Kerrkonstanten in beiden Lösungsmitteln derselbe bleibt.

Zunächst ist die Lösungsmittelabhängigkeit des Kerreffektes überraschend, denn die Molarrefraktion zeigt die Abhängigkeit keineswegs. Am Benzol und an den Chlorbenzolen wurden von uns Messungen der Refraktion von Lösungen in CCl_4 und C_6H_{14} angestellt. Die Brechungsindizes wurden für die Natriumlinie gemessen, die Dichten wurden ebenfalls mit größter Genauigkeit bestimmt. Alle Messungen wurden bei einer Temperatur von 20° C ausgeführt. Es zeigte sich, daß innerhalb der Fehler die Refraktionen der Dichlorbenzole nicht voneinander verschieden waren und daß in keinem Fall eine Abhängigkeit vom Lösungsmittel festgestellt werden konnte. Man ist also unter der Voraussetzung, daß die angegebenen Beziehungen für die molare Kerrkonstante für den flüssigen Zustand Geltung haben, zu dem Schluß gezwungen, daß sich die mittlere Polarisierbarkeit des gelösten Mittels nicht ändert, wohl aber die Polarisierbarkeiten in den einzelnen ausgezeichneten Richtungen. Da Benzol die einzige einfache Substanz ist, die bisher als Dampf und in verschiedenen Lösungsmitteln gemessen worden ist, und da zufolge seiner Rotationssymmetrie seine Polarisierbarkeiten aus dem Kerreffekt und aus der Refraktion allein bestimmt werden können,

Tabelle VII.

Benzol: Molrefraktionen in Richtung der optischen Hauptachsen.

Extrapolation aus	Beobachter	λ	t	MR.	$mr_x = mr_y$	mr_z
Dampf..	Stuart ...	5895	105°	27,24	32,29	17,16
Dampf..	W. St. B. ..	5895	—	27,10	32,49	16,12
C_7H_{16}...	Briegleb.	5461	20°	26,40	29,7	19,8
C_6H_{14}...	Otterbein	5461	4°	26,40	29,9	19,4
CCl_4....	Otterbein	5461	4°	26,40	29,5	20,3

so sind diese Zusammenhänge am ehesten an diesem Molekül zu zeigen.

In Tabelle VII sind die Werte der Polarisierbarkeiten des Benzols in Form der Molrefraktionen $mr_{(x,y,z)}$ angegeben. Die Molrefraktion (MR.) des Benzols ist dann gegeben durch

$$\frac{1}{3}(mr_x + mr_y + mr_z).$$

Man sieht, daß es den Anschein hat, als ob mit steigenden Werten der DK. der Lösungsmittel die Anisotropie des Moleküls kleiner werde. Die Frage ist, ob man ein solches Verhalten überhaupt verstehen kann. Auch hier zeigt uns die Silbersteinsche Auffassung den Weg zum Verständnis.

Für ein zweiatomiges Molekül haben wir die Rechnung bereits durchgeführt. Errechnet man die mittlere Polarisierbarkeit dieses Modells zu $\frac{1}{3}(a_{11} + 2a_{22})$, so sieht man sofort, daß die Glieder mit $\frac{1}{r^3}$ verschwinden und nur Glieder mit $\frac{1}{r^6}$ auftreten; die gegenseitigen Induktionswirkungen müssen daher gut zu beobachten sein beim Kerreffekt, während sie bei der Refraktion in viel geringerem Maße in Erscheinung treten. Es fragt sich nur noch, ob für ein Molekül mit mehreren Atomen dies auch der Fall ist.

Die Lösung zeigt uns folgende Rechnung: Nehmen wir an, wir haben ein Molekül mit j Atomen, die die Polarisierbarkeiten α_j haben sollen. Bringen wir dies Molekül in ein Feld F, so folgt für die induzierten Momente in „mullter" Näherung:

$$\begin{aligned} m_1 &= \alpha_1 F, \\ m_2 &= \alpha_2 F, \\ &\cdots\cdots \\ &\cdots\cdots \\ m &= (\alpha_1 + \alpha_2 + \cdots) F = F \sum \alpha_j \end{aligned}$$

Das Gesamtmoment ist gleich der Summe aller einzelnen induzierten Momente. Die erste Näherung aber bedeutet, daß zu jedem Moment m_j noch ein Zusatzmoment hinzukommt, das auf die Wechselwirkung mit allen übrigen Momenten, die in den Atomen induziert sind, zurückzuführen ist. Um dieses zusätzliche Moment zu erfassen, stellen wir folgende Überlegung an: Wir fragen uns nach der Feldstärke $\mathfrak{E}$, die durch ein Moment im Punkte (x, y, z) im Punkte (x', y', z') hervorgerufen wird

(Fig. 7). Dazu machen wir noch folgende Zwischenrechnung (s. Fig. 7): Wir nehmen an, im Ursprung des rechtwinkligen Koordinatensystems (x, y, z) finde sich eine Ladung $-e$, im Punkte (ξ, η, ζ)

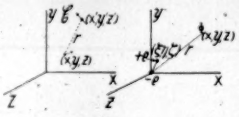


Fig. 7.

befinde sich die Ladung $+e$, und wir fragen nach dem Potential Φ, das durch diesen Dipol im Punkte (x, y, z) bedingt ist. Es wird:

$$\Phi = -\frac{e}{r} + \frac{e}{\left[(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 + (z-\zeta)^2\right]^{1/2}}. \quad (27)$$

Wir entwickeln und erhalten:

$$\Phi = -\frac{e}{r} + \frac{e}{r}\left[1 - 2\,\frac{\xi x + \eta y + \zeta z}{r^2}\right]^{-1/2}, \quad (28)$$

$$\Phi = \frac{e\xi x + e\eta y + e\zeta z}{r^3}.$$

Oder in vektorieller Schreibweise:

$$\Phi = \frac{(\mathfrak{m}\mathfrak{r})}{r^3} = \frac{m_x x + m_y y + m_z z}{r^3}. \quad (29)$$

Die Ableitungen nach x, y, z geben uns dann die Komponenten X, Y, Z des Feldes $\mathfrak{E}$, das durch den Dipol in (x, y, z) induziert wird:

$$\left.\begin{aligned} X &= -\frac{\partial \Phi}{\partial x} = -\frac{m_x}{r^3} + \frac{3x}{r^5}(m_x x + m_y y + m_z z), \\ Y &= \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ Z &= \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \end{aligned}\right| \quad (30)$$

also:

$$\mathfrak{E} = -\frac{\mathfrak{m}}{r^3} + 3\,\frac{\mathfrak{r}}{r^5}(\mathfrak{m}\mathfrak{r}). \quad (31)$$

Somit können wir das im Atom j induzierte Moment $\mathfrak{m}_j$ darstellen:

$$\mathfrak{m}_j = \alpha_j\left[\mathfrak{F} + \sum_i\left[-\frac{\alpha_i\mathfrak{F}}{r_{ij}^3} + 3\alpha_i\,\frac{\mathfrak{r}_{ij}}{r_{ij}^5}(\mathfrak{F}\mathfrak{r}_{ij})\right]\right]. \quad (32)$$

Die Gesamtheit aller im Molekül induzierten Momente wird dann:

$$\mathfrak{m} = \sum_j \mathfrak{m}_j = \sum_j \alpha_j \mathfrak{F} + \sum_i\sum_j \alpha_i\alpha_j\left[-\frac{\mathfrak{F}}{r_{ij}^3} + 3\,\frac{\mathfrak{r}_{ij}}{r_{ij}^5}(\mathfrak{F}\mathfrak{r}_{ij})\right]. \quad (33)$$

Die potentielle Energie dieses Moleküls muß eine quadratische Form des Feldes sein. Sie ist dargestellt durch:

$$U = -\frac{1}{2}\sum_j \alpha_j(\mathfrak{F}\mathfrak{F}) - \frac{1}{2}\sum_i\sum_j \alpha_i\alpha_j\left[-\frac{(\mathfrak{F}\mathfrak{F})}{r_{ij}^3} + 3\,\frac{(\mathfrak{F}\mathfrak{r}_{ij})^2}{r_{ij}^5}\right] \quad (34)$$

oder in Komponenten:

$$U = -\frac{1}{2}\sum_j \alpha_j(X^2 + Y^2 + Z^2) + \frac{1}{2}\sum_i\sum_j \frac{\alpha_i\alpha_j}{r_{ij}^3}(X^2 + Y^2 + Z^2) - \frac{3}{2}\sum_i\sum_j \frac{\alpha_i\alpha_j}{r_{ij}^5}(X x_{ij} + Y y_{ij} + Z z_{ij})^2. \quad (35)$$

Daraus folgt als Moment in den Richtungen (x, y, z):

$$\left.\begin{aligned} m_x &= -\frac{\partial U}{\partial X} = \sum_j \alpha_j X - \sum_i\sum_j \frac{\alpha_i\alpha_j}{r_{ij}^3} X + 3\sum_i\sum_j \frac{\alpha_i\alpha_j}{r_{ij}^5}(\mathfrak{F}\mathfrak{r}_{ij})\,x_{ij}, \\ m_y &= \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ m_z &= \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \end{aligned}\right| \quad (36)$$

Um eine Aussage über die Refraktion des Moleküls zu gewinnen, brauchen wir das mittlere Moment, das im Molekül induziert wird, wenn der Vektor des Feldes rotiert, so daß er jede beliebige Lage im Raum einnimmt. Das mittlere Moment finden wir zu:

$$\overline{m} = \frac{1}{3}(m_x + m_y + m_z)$$

oder

$$\overline{\mathfrak{m}} = \frac{1}{3}\left[3\sum_j \alpha_j F - 3\sum_i\sum_j \frac{\alpha_i\alpha_j}{r_{ij}^3} F + 3\sum_i\sum_j \frac{\alpha_i\alpha_j}{r_{ij}^5} F(x_{ij}^2 + y_{ij}^2 + z_{ij}^2)\right], \quad (37)$$

d. h. aber, es wird:

$$\overline{m} = \sum_j \alpha_j F, \quad (38)$$

Wir finden also auch für den allgemeinsten Fall eines Moleküls mit mehreren Atomen, daß beim mittleren Moment in erster Näherung die Glieder mit $\frac{1}{r^3}$ verschwinden, während in Richtung der einzelnen Achsen diese Glieder wohl in Erscheinung treten. Die Silbersteinsche Theorie läßt uns also verstehen, daß die einzelnen Polarisierbarkeiten in verschiedenen Richtungen sich ändern (Kerreffekt), daß aber die mittlere Polarisierbarkeit (Refraktion) ungeändert bleibt.

Eine Deutung der Lösungsmittelabhängigkeit ist dadurch in keiner Weise gegeben. Welche Einflüsse dafür maßgebend sind, läßt sich aus dem bislang gemessenen Material nicht sagen.

Immerhin kann man eines sagen: Der Einfluß der von uns benutzten Lösungsmittel darf als ganz spezifisch aufgefaßt werden sowohl in Hinsicht auf den Molekülrest, wie auch für den Sub-

stituenten, wie dies das Beispiel der Chlorbenzole zeigt. Denn in beiden Fällen (C_6H_{14} oder CCl_4 als Lösungsmittel) ist der Gang zwischen den berechneten und gemessenen Werten ein ganz analoger. Es ist also berechtigt, Kerrkonstanten verschiedener Stoffe zu vergleichen, wenn man nur bei ein und demselben Lösungsmittel bleibt.

Die Naphthaline: Um zu prüfen, ob sich die zunächst nur am übersichtlichen Fall der Chlorbenzole bewiesene Addition bekannter einzelner Polarisationstensoren allgemein bestätigt, haben wir den doppelten Benzolring, das Naphthalin und dessen α- und β-Monochlorderivate gemessen. Tabelle VIII zeigt die Ergebnisse. Zum

Tabelle VIII.

Naphthalin und α- und β-Monochlornaphthalin: Extrapolation aus Tetrachlorkohlenstoff.

Substanz	$\mathfrak{K} \cdot 10^{12}$ gemessen	μ	MR.
$C_{10}H_8$	42	—	44,4
$\alpha - C_{10}H_7Cl$.	165	1,59	48,7
$\beta - C_{10}H_7Cl$.	427	1,72	48,7
C_6H_6	6,4$_8$	—	26,4
C_6H_5Cl	142	1,56	31,2

Vergleich sind noch die entsprechenden Daten für Benzol und Monochlorbenzol eingetragen. Die Momente und die Molarrefraktion der Naphthaline sind der Arbeit von Parts (29) entnommen. Schon die Momentwerte der Chlornaphthaline zeigen, daß hier sicherlich nicht so einfache Verhältnisse wie bei den Chlorbenzolen vorhanden sind. Es sollte bei Gültigkeit der Tensoraddition für den doppelten Benzolring der vierfache Wert der Kerrkonstanten des Benzols für die Kerrkonstante des Naphthalins gefunden werden. Tatsächlich ist die molare Kerrkonstante des Naphthalins über sechsmal größer als die des Benzols. Bei α-Chlornaphthalin sollte man (immer unter der Voraussetzung der Gültigkeit einer Tensoraddition) eine negative Kerrkonstante erwarten, findet jedoch eine positive Kerrkonstante, die etwas größer ist als die des Chlorbenzols. Schließlich ist die Kerrkonstante der β-Konfiguration außerordentlich hoch, was man wegen der Stellung des Substituenten und wegen des hohen Momentes erwarten konnte. Von einer Additivität der Polarisationstensoren darf man aber in allen diesen Fällen nicht reden, da selbst die gegenseitigen Induktionswirkungen nicht unabhängig von der Art der chemischen Bindung sind. Das Beispiel der drei untersuchten Substanzen ist ein Beweis dafür, daß Naphthalin auch in chemischem Sinne durchaus nicht als „doppelter" Benzolring aufzufassen ist und ebenso, daß die Bindung $C-Cl$ bei der α- und β-Stellung sich wesentlich voneinander unterscheiden (Momente!) und in keiner Weise mit der Bindung $C-Cl$ am Benzolring zu vergleichen sind. Hier ohne Einschränkung zur Erklärung der Effekte die Silbersteinsche Regel anzuwenden, erscheint uns nach den Messungen an den beiden erwähnten Chlorderivaten des Naphthalins nicht erlaubt.

Chlor-, Brom- und Jodbenzol: Am Beispiel dieser drei Benzolderivate soll nur gezeigt werden, daß die molare Kerrkonstante im Gegensatz zu der üblich angegebenen Konstanten B allein es ermöglicht, Aussagen über die Anisotropie der Moleküle zu machen. Während die B-Werte dieser Substanzen in der angegebenen Reihenfolge abnehmen, nehmen die Werte ihrer Molarrefraktionen in dieser Reihenfolge zu. Bei steigender mittlerer Polarisierbarkeit sollte also die Anisotropie der Moleküle gemäß dem Kerreffekt kleiner werden. Dies ist aber im Sinne der Silbersteinschen Auffassung bei Molekülen dieser Konstitution kaum zu erwarten, zumindest wäre die Annahme, daß die Wechselwirkungen zwischen dem Benzolring und den Substituenten in erster Linie in Richtung der Bindung den größten Einfluß haben, durch ein solches Verhalten nicht mehr gerechtfertigt. In Tabelle IX sind die Daten, die eine Diskussion ermöglichen,

Tabelle IX.

Chlorbenzol, Brombenzol, Jodbenzol: Extrapolation aus Tetrachlorkohlenstoff.

Substanz	$B \cdot 10^7$	$\mathfrak{K} \cdot 10^{12}$	$\mathfrak{K}_a \cdot 10^{12}$	$\mathfrak{K}_d \cdot 10^{12}$	μ	MR.
C_6H_5Cl ..	11,1	142	13,1	128,9	1,56	31,2
C_6H_5Br ..	10,5	182	19,4	162,6	1,53	33,9
C_6H_5J ..	8,35	183	24,9	158,1	1,38	39,3

zusammengestellt. Es sind angegeben die B-Werte [der Arbeit von Leiser (4) entnommen], die molare Kerrkonstante $\mathfrak{K}$, das Anisotropieglied $\mathfrak{K}_a$ und der Dipolanteil $\mathfrak{K}_d$ (nach dem Beispiel des Monochlorbenzols errechnet), das Moment μ und die Molarrefraktion MR. Die Werte für die Momente und für MR. sind der Arbeit von Tiganik (30) entnommen. Die steigenden Werte der molaren Kerrkonstanten in der Reihenfolge Cl, Br und J, besonders aber die steigenden Werte der Anisotropieglieder in dieser Folge zeigen uns, daß die Anisotropie mit der Elektronenpolarisation zunimmt. Beide haben ihren größten Wert beim Jodbenzol, einen kleineren beim Brombenzol und den niedrigsten beim Chlorbenzol. Die molare Kerrkonstante gibt uns also Aufschluß über die Anisotropie der Moleküle. Ein solches Verhalten der angeführten Benzolderivate ist auch qualitativ zu erwarten, da die Silbersteinsche Theorie solche Verhältnisse fordert.

5. Zusammenfassung.

Um Aussagen über die Anisotropie des freien Moleküls zu gewinnen, wurden Kerreffektmessungen an verdünnten Lösungen angestellt. Zum Zwecke der Extrapolation wurde eine Mischungsformel hergeleitet, die aus plausiblen Gründen additives Verhalten zeigt. Damit im Zusammenhang wird die Definition der molaren Kerrkonstanten anschaulich gegeben.

Am Beispiel des Azetons wird die bei Kerreffektmessungen an verdünnten Lösungen erlaubte Extrapolation auf unendliche Verdünnung gezeigt.

Es wird ein Weg angegeben, wie der Kerreffekt der Dichlorbenzole aus dem des Benzols und des Monochlorbenzols vorauszuberechnen ist.

Eine einfache Apparatur wird beschrieben, die es mit Hilfe der Braceschen Kompensationsmethode ermöglicht, Kerreffektmessungen an verdünnten Lösungen mit genügender Genauigkeit anzustellen.

Experiment und Rechnung ergeben, daß es möglich ist, die Kerrkonstanten der Dichlorbenzole in der angegebenen Art vorauszusagen. Es ist dabei nötig, beim ortho-Dichlorbenzol wegen der gegenseitigen Wechselwirkungen zwischen den beiden Chlorsubstituenten einen „Spreizwinkel" anzunehmen, der größer ist als 60°. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes bei der ortho-Stellung ist die Übereinstimmung zwischen Experiment und Rechnung bei den Dichlorbenzolen recht gut.

Im Gegensatz zur mittleren Polarisierbarkeit (Molrefraktion) ist der Kerreffekt (Polarisierbarkeit in den ausgezeichneten Richtungen) vom Lösungsmittel stark abhängig. Eine Rechnung im Sinne der Silbersteinschen Theorie der atomaren Dipole zeigt einen Weg zum Verständnis. Eine direkte Deutung der Lösungsmittelabhängigkeit kann aber nicht gegeben werden.

Das Beispiel des Naphthalins und seiner α- und β-Monochlorderivate zeigt, daß eine einfache Addition der Polarisationstensoren nicht in allen Fällen möglich ist.

Die Ergebnisse an den Chlor-, Brom- und Jodderivaten des Benzols und deren Deutung beweisen, daß nur die molare Kerrkonstante Aussagen über die Anisotropie der Moleküle gestattet.

In den meisten Fällen muß zum Verständnis der Kerrkonstanten die Silbersteinsche Theorie herangezogen werden, obwohl sie in allen Fällen nur ein Weg zum qualitativen Verständnis ist.

Diese Arbeit wurde in den Jahren 1931 bis 1933 im Physikalischen Institut der Universität Leipzig ausgeführt. Die Apparatur wurde zum Teil zusammen mit Herrn cand. phys. G. Sachsse aufgebaut.

Herrn Prof. Dr. P. Debye bin ich für die Anregung zu dieser Arbeit, sowie für seine stete Hilfe und Unterstützung zu großem, aufrichtigem Dank verpflichtet. Ebenso gilt mein Dank Herrn Dr. E. H. L. Meyer für viele wertvolle Ratschläge.

Literaturverzeichnis.

1) K. L. Wolf, G. Briegleb und H. A. Stuart, Zeitschr. phys. Chem. (B) **6**, 163, 1929. — K. L. Wolf und G. Briegleb, Fortschr. d. Chem., Phys. u. phys. Chem. **21**, H. 3. Berlin 1931.
2) J. Kerr, Phil. Mag. (5) **8**, 85, 229, 1879; (5) **13**, 193, 248, 1882.
3) W. Schmidt, Diss. Göttingen 1901.
4) R. Leiser, Habilitationsschrift. Karlsruhe 1910.
5) A. Lippmann, Diss. Leipzig 1912.
6) D. Il. Solomos, Diss. Leipzig 1930.
7) H. A. Stuart: a) Zeitschr. f. Phys. **55**, 358, 1929; b) Zeitschr. f. Phys. **59**, 13, 1929; c) Zeitschr. f. Phys. **63**, 533, 1930. — H. A. Stuart und H. Volkmann: d) Zeitschr. phys. Chem. (B) **17**, 429, 1932; e) Zeitschr. f. Phys. **80**, 107, 1933; f) Zeitschr. f. Phys. **83**, 444, 1933.
8) G. Briegleb: a) Zeitschr. phys. Chem. (B) **14**, 97, 1931; b) Zeitschr. phys. Chem. (B) **16**, 249, 1932.
9) L. Silberstein, Phil. Mag. (6) **33**, 92, 315, 521, 1917.
10) a) E. H. L. Meyer und G. Otterbein, Physik. Zeitschr. **32**, 290, 1931; b) G. Otterbein, Physik. Zeitschr. **34**, 645, 1933.
11) H. Müller, Diss. Leipzig 1933.
12) W. Voigt, Ann. d. Phys. (4) **4**, 197, 1901; Lehrbuch der Magneto- und Elektrooptik, S. 353. Leipzig 1908.
13) P. Langevin, Ann. Chim. et Phys. **5**, 70, 1905; Le Radium **7**, 249, 1910.
14) M. Born, Ann. d. Phys. (4) **55**, 177, 1918.
15) R. Gans, Ann. d. Phys. (4) **64**, 481, 1921.
16) P. Debye, Handbuch der Radiologie Bd. 6, S. 754ff. Leipzig 1925. Bd. 6, 2 der 2. Aufl. S. 179ff., Leipzig 1934.
17) R. Gans, Ann. d. Phys. (4) **65**, 97, 1921.
18) J. Kerr, Phil. Mag. (4) **50**, 337, 446, 1875; (5) **9**, 157, 1880.
19) W. C. Röntgen, Wied. Ann. **10**, 77, 1880.
20) G. Quincke, Wied. Ann. **10**, 536, 1880.
21) H. Brongersma, Wied. Ann. **16**, 222, 1882.
22) J. Lemoine, C. R. **122**, 835, 1896.
23) L. Chaumont, Ann. de phys. (9) **5**, 31, 1916.
24) N. Lyon, Ann. d. Phys. (4) **46**, 762, 1915.
25) D. B. Brace, Phil. Mag. (6) **7**, 320, 1904; Phys. Rev. **18**, 70, 1904; **19**, 218, 1904.
26) C. Bergholm, Ann. d. Phys. (4) **43**, 7, 1914; (4) **44**, 1053, 1914.
27) G. Szivessy, Zeitschr. f. Phys. **6**, 311, 1921.
28) N. Wedeneewa, Zeitschr. f. Instrkde. **43**, 17, 1923.
29) A. Parts, Zeitschr. phys. Chem. (B) **10**, 264, 1930.
30) L. Tiganik, Zeitschr. phys. Chem. (B) **13**, 425, 1931.

(Eingegangen 13. Februar 1934.)

Die Wärmeübertragung in Flüssigkeiten und die reduzierte Schubspannung.

Von M. F. Treer.

Obgleich die Frage der Wärmekonvektion schon mehrfach in der Literatur behandelt wurde, unter anderem auch in dieser Zeitschrift[1]), möchte ich im folgenden doch zusammenfassend über einen allgemein gültig erscheinenden Satz berichten, welcher eine einfache Übersicht über verwickelte Erscheinungen der Wärmeübertragung der Flüssigkeiten ermöglicht.

Der technisch wichtigste Fall der Wärmeübertragung ist der, bei dem sich die Flüssigkeit mit großer Geschwindigkeit bewegt. Bei solchen Strömungen wirken außer thermischen auch hydrodynamische Kräfte, die für einfachste Strömungsarten schon ziemlich gut bekannt sind. Betreffs des gegenseitigen Einflusses der beiden werden wir annehmen, daß die Anwesenheit der Temperaturdifferenzen die hydraulische Strömung nicht beeinflußt. Wir vernachlässigen nur nicht, daß die Zähigkeit zufolge des Temperaturunterschiedes in der Wandnähe einen anderen Wert hat als im Flüssigkeitsinnern.

Somit werden wir bei der Rechnung so vorgehen, daß wir erst die Vermischung der Flüssigkeit aus den hydrodynamischen Sätzen bestimmen und dann bei der Vermischung eines Flüssigkeitselementes die Wärmekonvektion berechnen. Es wird sich zeigen, daß die Wärmeübertragung ein Produkt der reduzierten Schubspannung und eines Stoffbeiwertes ist, wobei der erste Faktor nur von hydraulischen Größen, der zweite dagegen nur von Stoffeigenschaften abhängig ist.

Zur Berechnung der Mischung der Flüssigkeit betrachten wir eine Fläche (ΔF), die in der Ebene der größten Schubspannung liegt. Die Mischung der Flüssigkeit besteht darin, daß durch dieses Flächenelement, welches längs der örtlichen durchschnittlichen Geschwindigkeit liegt, Flüssigkeitsteilchen von einer Seite auf die andere und umgekehrt hindurchtreten. Obgleich es für turbulente Strömungen charakteristisch ist, daß die Mischung der Flüssigkeit zeitlich veränderlich ist, werden wir doch mit einem Durchschnittswert der durch das Flächenelement tretenden Flüssigkeitsmenge rechnen, und zwar mit:

$$\varrho \cdot \Delta F \cdot v , \tag{1}$$

wobei ϱ die Dichte der Flüssigkeit und v die Geschwindigkeit ist, die jener durchschnittlichen Flüssigkeitsmenge entspricht.

1) Prandtl, Physik. Zeitschr. **29**, 487, 1928; Lorenz, Physik. Zeitschr. **29**, 301, 1928; Selerio, Physik. Zeitschr. **29**, 55, 1928; Latzko, Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. **1**, 268, 1921.

Wenn sich nun die Geschwindigkeit der in der einen bzw. in der anderen Richtung strömenden Flüssigkeitsteilchen um Δv unterscheidet, entsteht die folgende Schubspannung:

$$\tau = \frac{\varrho \cdot \Delta F \cdot v \cdot \Delta v}{\Delta F} . \tag{2}$$

Nimmt man jetzt an, daß v wie auch Δv proportional dem Geschwindigkeitsgradienten $\left(\frac{\partial v}{\partial n}\right)$ sich ändert, d. h.

$$v = \lambda \cdot \frac{\partial v}{\partial n} , \tag{3}$$

und

$$\Delta v = \lambda \cdot \frac{\partial v}{\partial n} , \tag{4}$$

erhalten wir den Prandtlschen Ansatz:

$$\tau = \varrho \cdot \lambda^2 \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial n}\right)^2 . \tag{5}$$

Dieser Ansatz hat sich bei der Berechnung der turbulenten Strömungsvorgänge sehr gut bewährt, deshalb legen wir ihn auch der Berechnung der Wärmeübertragung zugrunde. Sind in der Flüssigkeit auch Temperaturunterschiede, so tritt mit der Flüssigkeit durch das Flächenelement nicht nur kinetische, sondern auch Wärmeenergie. Wenn nun der Temperaturunterschied zwischen den hin- und zurückströmenden Flüssigkeitsteilchen $\Delta\vartheta$ ist, so ist die ausgetauschte Wärmeenergie, also die Wärmeübertragung des Flächenelementes:

$$\Delta w = c \cdot \Delta F \cdot v \cdot \Delta\vartheta \cdot \Delta t , \tag{6}$$

wo c die spezifische Wärme der Volumeneinheit ist.

Entsprechend den Formeln (3) und (4) für die Mischung der Flüssigkeit bei der Berechnung der Schubspannung (5) setzen wir für v denselben Wert ein [nach Formel (3)] und für $\Delta\vartheta$ einen ähnlichen Wert wie für Δv in (4):

$$\Delta\vartheta = \lambda_\varkappa \cdot \lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial n} , \tag{7}$$

wo $\lambda_\varkappa$ bedeutet, daß $\Delta\vartheta$ sich analog wie Δv ändert, doch nicht gleich mit diesem ist. So ist dann die Wärmeübertragung:

$$\Delta W = c \cdot \lambda_\varkappa \cdot \lambda^2 \cdot \frac{\partial v}{\partial n} \cdot \frac{\partial T}{\partial n} \cdot \Delta F \cdot \Delta t . \tag{8}$$

Nach Dimensionsbefreiung durch

$$\lambda = \lambda_1 \cdot x_0 , \tag{9}$$

$$n = n_1 \cdot x_0 , \tag{10}$$

$$v = v_1 \cdot v_m , \tag{11}$$

$$T = T_1 \cdot T_m , \tag{12}$$

wobei x_0 der Maßstab der Länge, v_m der der Geschwindigkeit und T_m der der Temperatur in der betreffenden Strömung ist, erhalten wir den dimensionslosen Beiwert der Wärmeübertragung:

$$\alpha_r = \frac{\Delta W}{c \cdot \Delta F \cdot \Delta t \cdot v_m \cdot T_m} = \lambda_\varkappa \cdot \lambda_1^2 \cdot \frac{\partial v_1}{\partial n_1} \cdot \frac{\partial T_1}{\partial n_1}. \quad (13)$$

Dieser dimensionslose Beiwert ist also ein Produkt, bestehend aus dem Temperatur-, dem Geschwindigkeitsgradienten und der reduzierten Mischlänge, die alle in dimensionsloser Form gegeben sind.

Zur Zeit berechnet man in der Literatur allgemein noch nicht den dimensionslosen Beiwert der Wärmeübertragung, sondern eine Wärmeübergangszahl α, die die Wärmeübertragung in der Zeit- und Flächeneinheit bedeutet:

$$\alpha = \frac{\Delta W}{\Delta F \cdot \Delta t} = c \lambda_\varkappa \lambda^2 \frac{\partial v}{\partial n} \cdot \frac{\partial T}{\partial n}. \quad (13a)$$

Aus diesen Gleichungen (13) und (13a) läßt sich feststellen, daß die übertragene Wärme nicht an die ganze Flüssigkeit abgegeben wird, sondern nur an den Teil, in dem der Geschwindigkeitsgradient von Null verschieden ist. Das bedeutet die sehr wichtige Tatsache, daß die ganze Wärmeübertragung nur in der Grenzschicht geschieht, wo der Geschwindigkeitsgradient von Null verschieden ist, außerhalb dieser Grenzschicht ist die Wärmeübertragung nur im ganz engen Rahmen der Wärmeleitung möglich. Deshalb werden wir im folgenden als Längenmaßstab x_0 die Grenzschichtdicke einführen und den Abstand x in der Grenzschicht von der Stelle der größten Geschwindigkeit messen.

Die Wärmeübertragung verursacht in der Grenzschicht eine Temperaturänderung $\frac{\partial T}{\partial l}$ längs der Strömung, wobei die Wärmeübergangszahl:

$$\alpha = c \cdot x \cdot v_\varkappa \cdot \frac{\partial T}{\partial l} \quad (14)$$

ist, $v_\varkappa$ die mittlere Geschwindigkeit zwischen $x = 0$ und $x = x$.

Den dimensionslosen Beiwert α_r berechnen wir aus (13) zu:

$$\alpha_r = \lambda_\varkappa \cdot \lambda_1^2 \cdot \frac{\partial v_1}{\partial n_1} \cdot \frac{\partial T_1}{\partial n_1} = x_1 \cdot v_{\varkappa 1} \cdot \frac{\partial T_1}{\partial l_1}. \quad (15)$$

In der Grenzschicht ist aber die reduzierte Schubspannung:

$$\tau_1 = \left(\lambda_1 \cdot \frac{\partial v_1}{\partial n_1}\right)^2 = \frac{\psi}{2} \cdot x_1, \quad (16)$$

wobei ψ der maximale Wert der reduzierten Schubspannung an der Stelle $x = 0$ ist. Diesen Wert von ψ setzen wir in (15) ein und erhalten:

$$\lambda_\varkappa \cdot \frac{\partial T_1}{\partial n_1} \Big/ \frac{\partial v_1}{\partial n_1} = \frac{2}{\psi} \cdot v_{\varkappa 1} \cdot \frac{\partial T_1}{\partial l_1}. \quad (17)$$

Aus der Gleichung ist zu ersehen, daß die Geschwindigkeits- und Temperaturverteilung quer zur Grenzschicht sich ähnlich ändern, da $\lambda_\varkappa, \psi$ gar nicht, $v_{\varkappa 1}$ und $\frac{\partial T_1}{\partial l_1}$ quer zur Grenzschicht wenig variieren. Diese Tatsache, daß die Temperatur- und Geschwindigkeitsverteilung ähnlich zueinander sind, ist aus Arbeiten von Prandtl[1]) und Gröber[1]) längst bekannt und neuerlich auch durch Éliás[2]) bestätigt.

Wenn wir nun v_m und T_m entsprechend wählen, werden die Randwerte von T_1 und v_1 auch gleich und damit:

$$\frac{\partial T_1}{\partial n_1} \Big/ \frac{\partial v_1}{\partial n_1} = 1, \quad (18)$$

wodurch wir aus (16) und (17) zu unserem Endresultat kommen:

$$\alpha_r = \lambda_\varkappa \cdot \tau_1. \quad (19)$$

Der dimensionslose Beiwert der Wärmeübertragung ist also ein Produkt der reduzierten Schubspannung τ_1 und des Stoffbeiwertes $\lambda_\varkappa$. Damit haben wir den dimensionslosen Beiwert der Wärmeübertragung in zwei Teile zerlegt, von welchen der eine nur von der Strömung, der andere nur vom Stoff abhängig ist.

Im folgenden werden wir aus verschiedenen Versuchen $\lambda_\varkappa$ errechnen, um Rechenschaft zu geben, ob der obige Gedankengang auch trotz der verschiedenen Vernachlässigungen stichhaltig ist. Da hierbei das Ziel war, nachzuprüfen, ob der Stoffbeiwert ($\lambda_\varkappa$) nur von thermischen Eigenschaften der Flüssigkeit abhängig ist, nicht aber von der Strömung und von hydraulischen Größen, sind solche Versuchsreihen ausgewählt, die mit der gleichen Flüssigkeit (Luft), aber unter verschiedenen Strömungsverhältnissen durchgeführt sind.

Fast sämtliche Messungen sind nicht im Flüssigkeitsinnern durchgeführt, sondern es wurde nur die von der Wand abgegebene Wärme gemessen. Dann lautet die Gleichung (19) bei $x = 1$:

$$\alpha_{r1} = \lambda_\varkappa \frac{\psi}{2}. \quad (20)$$

1) Siehe die Anmerkung 1 auf S. 266 und 2 auf S. 268.

2) Éliás, Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. **9**, 434, 1929.

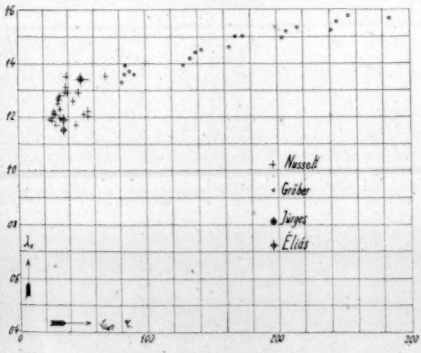
Weiterhin bezieht sich die Wärmedurchgangszahl bei den Messungen in geschlossenen Rohren nicht auf die maximale Geschwindigkeit (v_∞), sondern auf eine mittlere v_m, damit ist:

$$\alpha_{r\,1\infty} = \lambda_\infty \frac{\psi}{2 v_{\infty 1}}. \qquad (21)$$

Die durchgerechneten Versuchsreihen sind die folgenden:

a) In geraden zylindrischen Rohren haben Nusselt[1]) und Gröber[2]) sehr umfangreiche Versuche durchgeführt. Aus ihren Ergebnissen habe ich den Konvektionsbeiwert (λ_∞) berechnet und abhängig von der Lufttemperatur in der Abbildung aufgetragen. Es ist zu sehen, daß λ_∞ mit der Temperatur wächst. Die Gröberschen Werte liegen auf derselben Kurve, wenn die Reynoldssche Zahl über 10000 ist. Die Nusseltschen streuen bis $\pm$ 8 Proz.

b) An Platten, die längs der Strömung liegen, haben Jürges[3]) und Éliás gemessen. Die aus ihren Messungen berechneten λ_∞-Werte fallen (Figur) zwischen die Nusseltschen.



c) Bei Zylindern, die senkrecht zur Strömung stehen, sind diese Rechnungen auch durchführbar. Für diesen Fall haben wir sehr zahlreiche Versuche, da solche mittels Heizung eines Drahtes oder Rohres sehr einfach durchführbar sind. Die Messungen hat Ulsamer[4]) neuerlich durchgerechnet und daraus eine empirische Formel abgeleitet:

$$\frac{\alpha d}{\lambda} = 0{,}6 \cdot P^{0{,}31} \cdot R^{0{,}5}, \qquad (22)$$

wobei λ die Wärmeleitung, d der Durchmesser und $P = \frac{\lambda}{cv}$ die Prandtlsche Zahl ist. Formen wir diese Gleichung entsprechend unseren Rechnungen um, so ist:

$$\alpha_r = \frac{\alpha}{cv} = 0{,}6 \cdot P^{0{,}69} \cdot R^{-0{,}5}. \qquad (23)$$

Bei der Berechnung des Konvektionsbeiwertes (λ_∞) müssen wir aber beachten, daß ψ keinen Widerstandswert bedeutet, sondern die an der Wand entstehende reduzierte Schubspannung. Da aber die sämtlichen Versuche bei solchen Reynoldsschen Zahlen ($R \leq 10000$) durchgeführt sind, bei welchen die Oberflächenreibung sich noch in der laminaren Grenzschicht abspielt, benützen wir die für laminare Strömungen gültige Formel der Oberflächenreibung:

$$\psi = \frac{1{,}33}{\sqrt{R_l}}. \qquad (24)$$

In dieser Formel bezieht sich die Reynoldssche Zahl auf die Flächenlänge, in (24) aber auf den Durchmesser, dementsprechend ist:

$$\psi = \frac{1{,}33}{\sqrt{R}\sqrt{\frac{\pi}{2}}} = \frac{1{,}07}{\sqrt{R}}. \qquad (25)$$

Damit ergibt sich:

$$\lambda_\infty = \frac{2\alpha}{\psi} = \frac{2 \cdot 0{,}6 \cdot P^{0{,}69}}{1{,}07} = 1{,}12 \cdot P^{0{,}69}. \qquad (26)$$

Da für Luft $P = 1{,}3$ ist, erhalten wir $\lambda_\infty = 1{,}35$, also denselben Wert wie bei Strömungen im Innern der Rohre.

d) In allgemeinen Fällen von viel verwickelteren Strömungen scheint nach einigen Messungen des Verfassers[1]) der obige Satz auch anwendbar zu sein, doch wären noch weitere Versuche nötig, um in dieser Richtung klarsehen zu können.

Zusammenfassung.

Der dimensionslose Beiwert der Wärmeübertragung ist ein Produkt der reduzierten Schubspannung und eines Stoffbeiwertes. Dieser letzte ist auch bei verschiedenen Strömungen nur von thermischen Größen (Prandtlsche Zahl, Temperatur) abhängig.

Damit zerfällt der Wärmeübergangsbeiwert in zwei Faktoren, von welchen der eine nur von Strömungsgrößen, der andere nur von thermischen abhängig ist.

1) Nusselt, VDI., Forschungsheft Nr. 89.
2) Gröber, Die Grundgesetze der Wärmeleitung. Berlin (Springer) 1921.
3) Jürges, Beihefte z. Gesundheitsingenieur, Reihe 1, Nr. 19.
4) Ulsamer, Forschung, S. 94, 1932.

1) Treer, Teknisk Tidskrift S. 101, 1932.

Budapest, den 2. September 1933.

(Eingegangen 21. Oktober 1933.)

BESPRECHUNGEN.

H. Blasius, Mechanik II: Elastizität und Festigkeit. VIII u. 152 S. Mit 124 Abb. Hamburg 1933. Boysen & Maasch. RM 4.50; geb. RM 5.70.

Auch dieses Buch bringt wie die früher erschienenen des gleichen Verfassers (Wärmelehre, Statik) den Stoff in der eindringlichen, anschaulichen Sprache durchgerechneter Zahlenbeispiele aus der Praxis dem Leser nahe. Hierbei geht der Verfasser von der einfachen Biegung aus, behandelt zusammengesetzte Beanspruchung, Torsion und schließlich Knicksteifigkeit und Verdrehung.

R. Hermann.

Karl K. Darrow, Elementare Einführung in die Quantenmechanik. (Aus dem Englischen übersetzt von Dr. E. Rabinowitsch.) 8°. VIII und 133 S. Mit 3 Abb. Leipzig 1933. S. Hirzel. Kart. RM 6.—.

Das vorliegende Büchlein stellt eine Ergänzung zu der früher vom gleichen Verfasser erschienenen „Elementare Einführung in die Wellenmechanik" dar. In der ersten Hälfte des Buches wird eine gut gelungene elementare Darstellung der Wellenmechanik und ihrer Bedeutung gegeben, wobei die Bedeutung des Wellen- und Partikelbildes eingehend behandelt wird. Dem Referenten ist es aufgefallen, daß hierbei der Ausdruck „Wellenpaket" nicht zu finden ist, obwohl tatsächlich von diesem Begriff Gebrauch gemacht wird. Irreführend ist auf S. 19 (und entsprechend an späteren Stellen) der Satz, „daß die Konzentration der Teilchen stets proportional dem Quadrat der Amplitude der zugehörigen Welle an der betreffenden Stelle ist". In der neuen Quantentheorie haben vielmehr nur die relativen Amplituden eine Bedeutung, da sich die Welle stets auf ein einzelnes Teilchen bezieht. Die an dieser Stelle gegebene Deutung wäre deshalb als nur vorläufige zu kennzeichnen gewesen. Die zweite Hälfte behandelt die Grundlagen der Matrizenmechanik und — in etwas formaler Weise — deren Zusammenhang mit der Wellenmechanik. Die Darstellung dieser Form der Quantentheorie scheint dem Referenten nicht ganz so gut gelungen zu sein wie der erste Teil des Buches. So werden viele Leser Anstoß nehmen, daß die Vertauschungsrelation als Ansatz eingeführt wird, ohne den Weg anzugeben, auf dem man zu ihr geführt wird. Die Bedeutung des Korrespondenzprinzips scheint überhaupt dem Referenten zu wenig hervorgehoben.

Die obigen Ausstellungen sollen den Gesamtwert des Büchleins als klar und flüssig geschriebene Einführung in das Studium der neuen Quantentheorie nicht herabsetzen.

E. Hückel.

Hagen-Poiseuille-Hagenbach, Strömungslehre. Ostwalds Klassiker Nr. 237. Herausgeg. von L. Schiller. 97 S. Mit 4 Abb. Leipzig 1933. Akadem. Verlagsges. Kart. RM 5.60.

Die für die laminare Strömung in zylindrischen Rohren und für die Zähigkeitsmessung auch heute noch grundlegenden Untersuchungen der drei Hydrodynamiker des vorigen Jahrhunderts sind hier leicht zugänglich und in handlicher Form zusammengestellt und mit biographischen und kritischen Anmerkungen versehen, aus denen vielerlei Wissenswertes und Interessantes zu ersehen ist, z. B. daß die „Hagenbachsche Korrektur der lebendigen Kraft" eigentlich von F. Neumann stammt, während sich bei Hagenbach die ersten grenzschichttheoretischen Ansätze finden. Mit Bewunderung stellen wir auch fest, daß die 1839 von G. Hagen veröffentlichten Versuche bereits so gut waren, daß sich die daraus zu berechnenden Zähigkeitswerte des Wassers von den heutigen besten kaum unterscheiden. Da die Veröffentlichungen Poiseuilles über die Versuche, aus denen er das meist nach ihm benannte Gesetz erschlossen hat, erst aus den Jahren 1840/41 stammen, ist es also durchaus berechtigt, das Gesetz mindestens „Hagen-Poiseuillesches Gesetz" zu nennen.

R. Hermann.

K. Jellinek, Lehrbuch der physikalischen Chemie. IV. Bd. Die Lehre von der Statik chemischer Reaktionen in verdünnten Mischungen (Schlußteil). Die Lehre von den konzentrierten Mischungen. Die Phasenlehre. Gr.-8°. XIV und 890 S. Mit 200 Tabellen und 362 Abb. 1. und 2. Stuttgart 1933. Ferdinand Enke. Brosch. RM 82.—.

Abschnitt I dieses Bandes beendet die Ausführungen von Bd. III über Ionengleichgewichte. Als besonders wichtige homogene Gleichgewichte treten die Säure-Basensysteme hervor; dann folgt eine vielseitige Behandlung von heterogenen Elektrolytgleichgewichten. In diesen Abschnitten wird häufig auf die analytischen Anwendungen aufmerksam gemacht. Die Fortschritte, die in der Behandlung dieses Gebietes durch die moderne Aktivitätstheorie der Ionen erzielt wurden, treten an vielen Beispielen deutlich hervor. Im vierten Buch: Konzentrierte Mischungen, werden zunächst Gasmischungen behandelt (wo einige wichtige neuere Arbeiten, z. B. von Pollitzer und Strebel sowie von Eucken und Bresler nicht verwertet werden); die flüssigen Mischungen werden sehr eingehend besprochen, sowohl nach den physikalischen als auch nach den chemischen Erscheinungen. Hier und in dem ähnlich gegliederten Abschnitt über Mischkristalle gibt der Verfasser im wesentlichen die Thermodynamik dieser Zustandsformen wieder. Bezüglich der — z. B. gerade bei den Mischkristallen besonders reizvollen — modernen molekularkinetischen Auffassung wird nur auf Literatur oder auf den fünften Band des Werkes verwiesen. Die Phasenlehre, gegliedert nach Einstoff- und Mehrstoffsystemen und wesentlich zugeschnitten auf die Erläuterung von wichtigen Zustandsdiagrammen, schließt den Band ab, der wichtige Gebiete der „klassischen" physikalischen Chemie mit der bekannten Eindringlichkeit behandelt. Wie in den früheren Bänden tritt auf weiten Strecken eine mehr historische als selbständig formende Einstellung des Verfassers hervor, wodurch das Gesamtbild für den Leser an Geschlossenheit verlieren, an Vielgestaltigkeit nur gewinnen kann.

L. Ebert.

Köhler-Rompe, Die elektrischen Leuchtröhren. Sammlung Vieweg, Heft 110. Kl.-8°. VIII und 96 S. Mit 69 Abb. und 5 Tabellen. Braunschweig 1933. Friedrich Vieweg & Sohn. Brosch. RM 6.80.

Das Interesse an der elektrischen Lichterzeugung wendet sich mehr und mehr den Entladungsröhren zu. Nachdem die Forschungen auf diesem Gebiet uns bereits vorzüglich durchkonstruierte Lichtstrahler wie z. B. die Solarca-Lampe und die Natriumdampflampe für Netzspannung beschert haben, besteht ohne Frage ein starkes Bedürfnis nach einer ersten Informationsschrift. Das vorliegende Heft kommt diesem Bedürfnis aufs beste entgegen.

Es vermittelt zunächst die Grundlagen für das Verständnis und die Beurteilung der Temperaturstrahler und der „geordneten Strahler" (Lumineszenzstrahler), gibt eine anschauliche Darstellung von dem Wesen der Gasentladung, insbesondere des Zündungsvorganges und bespricht sodann energetische Fragen der Lichterzeugung und die neueren Typen der Entladungsröhren sowie ihre Anwendung. Das letzte Drittel behandelt die physikalischen Grundlagen der Gasentladung.

Die auf den Originalarbeiten von Pirani und seiner Mitarbeiter beruhende Schrift ist sehr klar und von leicht lesbarer Form. Die große Zahl graphischer Darstellungen, Abbildungen und tabellarischer Übersichten unterstützt die instruktive Darstellung. Unbeschwert von allen technischen Details, andererseits vervollständigt durch Hinweise auf die Geschichte der Gasentladung und Angabe der Originalabhandlungen und durch gelegentliche Ausblicke auf die Richtung möglicher Weiterentwicklungen erscheint die Schrift als der berufene Führer durch das Gebiet der Gas- und Metalldampfentladungslampen.

Der gediegenen Schrift dürfte ein weiter Leserkreis gesichert sein. R. Viohl.

M. Kröger, Grenzflächenkatalyse. 8°. VIII und 387 S. Mit 101 Abbildungen. Leipzig 1933. S. Hirzel. Brosch. RM 10.50, in Ganzleinen RM 12.50.

Das vorliegende Buch stellt im Wesentlichen eine Sammlung von Dissertationen dar, die aus dem Laboratorium des Verfassers hervorgegangen sind. Der Leitgedanke des diesen Untersuchungen zu Grunde liegenden Arbeitsprogramms ist, über die Veränderungen, die bei chemischen Umsetzungen an Grenzflächen auftreten, Aufschluß durch Untersuchung quantitativ meßbarer physikalischer Eigenschaften des Katalysators (bzw. des Systems Katalysators plus reagierende Stoffe) während der Reaktion zu erhalten. Als solche Eigenschaften werden herangezogen: Elektrische Eigenschaften (Leitfähigkeit, dielektrisches Verhalten), magnetische und mechanische Eigenschaften. Die Art der Publikation derartiger Arbeiten in Buchform ist ungewöhnlich. Es ist sonst üblich und erscheint dem Referenten auch zweckmäßiger, derartige Untersuchungen sukzessive in Zeitschriften zu veröffentlichen. — Der Titel des Buches entspricht nach dem Gesagten kaum dem Inhalt. Der Titel läßt erwarten, in dem Buche eine Darstellung der allgemeinen Grundlagen und Methoden der Erforschung der Grenzflächenkatalyse, ihrer theoretischen Behandlung und der experimentellen Ergebnisse zu finden. Von den allgemeinen Grundlagen und Methoden handelt aber nur eine kurze Einleitung. Die theoretische Behandlung und die Diskussion experimenteller Ergebnisse beschränkt sich im Wesentlichen auf die in den Dissertationen behandelten Spezialprobleme und die dabei erhaltenen Ergebnisse, die in außerordentlich ausführlicher Form wiedergegeben werden.

Der Anlage des Buches entsprechend würde eine eingehendere Besprechung auf eine Summe von Einzelreferaten hinauslaufen, was nicht Aufgabe einer Buchbesprechung sein kann. Allgemein aber muß bemerkt werden, daß man aus den Arbeiten den Eindruck sorgfältiger Experimentaluntersuchungen gewinnt, wenn auch dem Referenten die Folgerungen, die aus den experimentellen Ergebnissen gezogen werden, im Einzelnen nicht immer gesichert erscheinen. E. Hückel.

Leipziger Vorträge 1933. Magnetismus. Herausgegeben von P. Debye. Kl.-8°. VIII und 110 S. Mit 47 Abb. Leipzig 1933. S. Hirzel. Kart. RM 6.—.

Das vorliegende Bändchen ist das fünfte in der Sammlung „Leipziger Vorträge", die im Februar 1933 dem Thema „Magnetismus" galten. Wie ihr Veranstalter, P. Debye, im Vorwort bemerkt, wurden in ihnen mehr offene Fragen aufgeworfen, als das bisher an den Leipziger Tagungen der Fall war.

Der erste Vortrag von Kapitza geht näher auf die von ihm entdeckte Linearität der Widerstandsänderung mit starkem Magnetfeld ein. Es wird erneut auf die Parallelität zwischen Restwiderstand und dem aus dem linearen Teil auf den Fall verschwindenden Magnetfeldes extrapolierten Widerstand hingewiesen und einer von Meißner und Scheffers auf Messungen an Gold begründeten Kritik mit dem Hinweis auf die hier wesentlichen lokalen Verzerrungen begegnet. Ferner scheint die Linearität in einem größeren Gebiete zu gelten, als dies nach der Theorie von Frank und Peierls zu erwarten wäre.

In seinem Vortrag über den Zusammenhang zwischen der Magnetisierung und dem elektrischen Widerstand zeigt Gerlach, wie sich der Unterschied zwischen scheinbarer und wahrer Magnetisierung auch in der durch sie hervorgerufenen Widerstandsänderung äußert und wie insbesondere die erstere zu einer anisotropen, die letztere zu einer isotropen Änderung Anlaß gibt.

Sack berichtet über neue, mit einer Wheatstoneschen Methode erhaltene Resultate über die Abhängigkeit der inneren Reibung paramagnetischer Gase vom Magnetfeld; ihre theoretische Deutung steht zur Zeit noch aus.

Seinen wichtigen Messungen mit Frisch zusammen über die magnetische Ablenkung von Wasserstoffmolekularstrahlen und der daraus folgenden direkten Bestimmung des magnetischen Protonenmomentes ist der vierte Vortrag von Stern gewidmet. Die große Druckempfindlichkeit des Hitzdrahtmanometers gestattet, die außerordentlich kleinen Ablenkungen noch festzustellen; während Messungen am Parawasserstoff das magnetische Rotationsmoment ergeben, liefert der Orthowasserstoff das zusätzliche Protonenmoment, das sich pro Proton etwa 2,5mal größer ergibt als der nach der Diracschen Theorie für ein Elementarteilchen seiner Ladung und Masse zu erwartende Wert.

Im fünften Vortrag spricht Kramers über seine Theorie der magnetischen Eigenschaften von Kristallen, welche Atome seltener Erden enthalten. Schon die Tatsache, daß diese Stoffe scharfe Absorptionslinien zeigen, weist darauf hin, daß hier die nicht abgeschlossene innere Schale viel weniger den interatomaren Störungen unterworfen ist als die äußeren Elektronen von Atomen in Kristallgittern. Sie lassen daher in ihrem magnetischen Verhalten besonders interessante Schlüsse über die Wirkung der elektrischen Kristallfelder zu, wobei manche Eigenschaften schon aus deren Symmetrieverhältnissen folgen. Die theoretischen Ergebnisse bezüglich der Suszeptibilität, der paramagnetischen Drehung u. a. m. finden eine schöne empirische Bestätigung, und der Umstand, daß es gerade bei diesen Substanzen in Leiden gelungen ist, den magnetokalorischen Effekt zur Erreichung extrem tiefer Temperaturen auszunutzen, läßt auf weitere wertvolle Ergebnisse dieses interessanten Gebietes hoffen.

Über neue Beobachtungen an Supraleitern, die ja die Theorie stets vor neue Rätsel stellen, berichtet de Haas im folgenden Vortrag. Als besonders merkwürdig wollen wir hier nur die Hysteresiseigenschaft hervorheben, daß bei Verminderung des äußeren Magnetfeldes und fester Temperatur der Sprungpunkt der Leitfähigkeit nicht immer bei derselben Feldstärke eintritt.

Bethe spricht im siebenten Vortrag über die Theorie des Ferromagnetismus. Trotzdem ihre Grundlagen schon seit einigen Jahren festliegen, stehen hier noch eine Reihe wichtiger Fragen zur Diskussion, insbesondere ob und bei welchen Temperaturen für verschiedene Stoffe Ferromagnetismus zu erwarten ist. Es wird hier vor allem eine kritische Sichtung der bisher von verschiedenen Autoren gegebenen Argumente vorgenommen.

Mit einfachen, klaren Überlegungen zeigt Becker, wieweit die komplizierten Tatsachen der technischen Magnetisierung bis heute ihre theoretische Deutung gefunden haben. Als besonders fruchtbar zeigt sich die scharfe Trennung zweier Typen von Ummagnetisierungsprozessen, der „Drehprozesse", bei denen der Magnetisierungsvektor seine Richtung ändert, und der „Wandverschiebungsprozesse", bei denen die Größe gleichmäßig magnetisierter Elementargebiete variiert. Es darf als ein bemerkenswerter Erfolg betrachtet werden, daß es so gelungen ist, das reiche Erfahrungsmaterial zu systematisieren und namentlich hinsichtlich der magnetischen Wirkungen von Spannungen quantitative Gesetze aufzustellen, die ihre volle empirische Bestätigung finden.

Im letzten Vortrag spricht Gans über die Energetik ferromagnetischer Stoffe, insbesondere über reversible und irreversible Wärmetönungen beim Ummagnetisierungsvorgang. Auch hier zeigt sich die Verschiedenartigkeit der dabei in Betracht kommenden Prozesse.

Es mag als ein besonderer Reiz des vorliegenden Bandes gelten, daß er durch die in ihm erwähnten, noch offenen Probleme Anlaß zu deren Weiterverfolgung geben kann. Bloch.

Fritz Löwe, Optische Messungen des Chemikers und des Mediziners. Bd. VI der technischen Fortschrittsberichte. Fortschritte der chemischen Technologie in Einzeldarstellungen, hrsg. von Prof. Dr. B. Rassow, Leipzig. Zweite, erweiterte und neubearbeite Auflage mit 58 Abbildungen und 4 Spektraltafeln. Dresden und Leipzig 1933. Verlag von Theodor Steinkopff. Geh. RM 9.—, geb. RM 10.—.

Das Buch erscheint in II. Auflage, im Umfang nur wenig erweitert, inhaltlich aber sehr bereichert und modernisiert. Ein Kenner der neuesten Hilfsmittel und modernsten Methoden auf dem Gebiet der optischen Meßtechnik hat hier eine Zusammenfassung geschrieben, die, für den Chemiker und Mediziner bestimmt, in vielen Punkten auch dem Physiker eine wertvolle Quelle zur Orientierung sein wird.

Im Kapitel „angewandte Spektroskopie" sei auf die Abschnitte über die Verfeinerung der quantitativen Analyse und auf die 46 empirischen Analysentabellen besonders hingewiesen. Neu hinzu kam ferner ein Kapitel über „Photometrie für Chemiker und Mediziner". Entsprechend dieser Begrenzung sind die photometrischen Messungen zur Prüfung von Lichtquellen unberücksichtigt geblieben. Man findet hier eine gute Übersicht über die Messung der Rückstrahlung fester Körper, Schwärzungsmessungen an festen Körpern, Messungen der Lichtdurchlässigkeit, Farbmessungen, Trübungsmessungen und Beoachtungen der Fluoreszenz.

Besonders erwähnt sei, daß das Büchlein eine wahre Fundgrube auch für den Unterricht ist. Die großen Erfahrungen, die der Autor bei den bekannten Kursen in Jena sammeln konnte, klingen überall durch. E. H. L. Meyer.

H. v. Mangoldt's Einführung in die höhere Mathematik für Studierende und zum Selbststudium. Vollständig neu bearbeitet und erweitert von K. Knopp. Dritter Band: Integralrechnung und ihre Anwendungen; Funktionentheorie; Differentialgleichungen. Gr.-8°. XVI und 618 S. Mit 103 Figuren. 6. Aufl. Leipzig 1933. S. Hirzel. Brosch. RM 15.—, geb. RM 16.80.

Mit dem vorliegenden dritten Bande ist das Werk nunmehr abgeschlossen. Die bekannten Vorzüge der Neubearbeitung, wie sie schon bei Besprechung des ersten und zweiten Bandes hervorgehoben wurden, eignen auch diesem dritten Bande. Er bringt neben der Theorie des Riemannschen Integrals dessen Anwendungen in Geometrie und Physik (u. a. die Sätze von Green und Stokes), ferner Fouriersche Reihen, gewöhnliche Differentialgleichungen, auch im komplexen Gebiete, sowie die Elemente der komplexen Funktionentheorie. Für den Naturwissenschaftler, der seine mathematische Bildung auf eine breitere Grundlage stellen und sich zum Verständnis moderner mathematischer Physik vorbereiten will, ist der dreibändige Mangoldt-Knopp ein ausgezeichneter Führer. Der bei bester Ausstattung niedrige Preis des Bandes verdient zur Nachahmung empfohlen zu werden. Haupt.

M. C. Neuburger, Kristallchemie der anorganischen Verbindungen. Lex.-8°. 115 S. Mit 21 Figuren. Stuttgart 1933. Ferd. Enke. Geh. RM 9.70.

Das Buch soll im wesentlichen ein Referat der kristallchemischen Arbeiten V. M. Goldschmidts sein, speziell der 1926 und 1927 in den Abh. der

Norw. Ak. herausgekommenen Geoch.-Verteilungsgesetze VII und VIII. Viele bis 1932 erschienenen Arbeiten auch anderer Autoren wurden mitverarbeitet, wenn auch gelegentlich, z. B. in der Behandlung des La_2O_3-Typs, neuere Ergebnisse zu wenig berücksichtigt worden zu sein scheinen. Der Kristallchemie der Silikate wurde aus Raummangel nur eine Seite gewidmet, die Kristallchemie der intermetallischen Verbindungen konnte aus gleichen Gründen überhaupt nicht berücksichtigt werden.

Die mitgeteilten Ergebnisse kristallchemischer Forschung sind übersichtlich zusammengestellt. Jeder, der sich in die Probleme der Kristallchemie einarbeiten möchte, wird das Buch als anregende und wertvolle Lektüre empfinden. Wer sich aber selbst schon mit diesem Wissenszweig beschäftigt hat, wird mit Freude feststellen, daß er hier vieles, was in der Literatur zum Teil an schwer zugänglicher Stelle verstreut ist, in handlicher Form zusammengestellt findet. F. Laves.

C. Roy-Pochon, Les Cellules Photo-Électriques, Caractéristiques et Applications. 80 Seiten. Mit 31 Figuren. 1. Auflage. Paris 1932. Verlag Chiron, 40 rue de Seine. Fr. 8.—.

Roy-Pochon beschreibt im ersten Teil des Büchleins ganz kurz die allgemeinen Eigenschaften der auf dem äußeren lichtelektrischen Effekt (Hallwachs-Effekt) beruhenden Photozellen, den Aufbau der Kathodenschichten sowie den Einfluß der Anode (einfacher und mehrerer Anoden) auf die Größe und die Verteilung des elektrischen Feldes im Innern der Zelle. Im zweiten Teil wird auf die Anwendung der Photozelle bei Tonfilm, Bildtelegraphie und Fernsehen eingegangen. Außerdem werden eine Reihe Anwendungen meßtechnischer und schalttechnischer Art angeführt. Auf dem beschränkten Raum des Büchleins ist versucht worden, einen Überblick über die angeführten Gegenstände zu geben, ohne jedoch auf Einzelheiten und Schrifttum einzugehen. Wer den Wunsch hat, sich einen gewissen Überblick über „Die Photozelle und ihre Anwendungen" zu verschaffen und gleichzeitig französische Sprachstudien zu treiben, dem sei dieses Buch empfohlen. Fleischer.

J. H. van Vleck, The Theory of Electric and Magnetic Susceptibilities. XI und 384 S. Mit 16 Abb. Oxford 1932. At the Clarendon Press. RM 22.80.

Die elektrischen und besonders die magnetischen Eigenschaften der Materie bilden eines der schönsten Anwendungsgebiete der Wellen- und Quantenmechanik; so ist es doch z. B. erst diesen neuen Theorien gelungen, den Ferromagnetismus zu erklären. Der theoretischen Behandlung dieses Gebietes ist das vorliegende Buch gewidmet. Die ersten vier Kapitel behandeln die „klassische" Langevin-Debye-Funktion, ihre Folgerungen und die experimentellen Ergebnisse (Grundlagen; Ableitung der L.-D.-Funktion; DK., Brechungsindex und elektrische Momente; magnetische Suszeptibilität). Im 5. Kapitel werden Ergebnisse der alten denen der neuen Theorie gegenübergestellt (z. B. elektrisch-magnetischer Richteffekt). Das 6. Kapitel gibt die allgemeinen Grundlagen für die folgenden rein quantenmechanischen Kapitel: Neue allgemeine Ableitung der L.-D.-Funktion; DK. und Diamagnetismus von Atomen und einatomigen Ionen; Paramagnetismus freier Ionen und Ionen seltener Erden, Para- und Diamagnetismus des freien Moleküls; Paramagnetismus der festen Körper; Heisenbergs Theorie des Ferromagnetismus. Das letzte (13.) Kapitel enthält noch einige kurze Hinweise auf verwandte optische Erscheinungen (Dispersionsformel, Kerr- und Faraday-Effekt).

Dies Inhaltsverzeichnis zeigt schon, daß kein Problem unberücksichtigt blieb. Leider mußten manche interessante Bemerkungen der Fülle des Stoffes wegen in Fußbemerkungen untergebracht werden. Die klare und logische Darstellung des Autors, der ja selbst wesentlich zur Entwicklung dieser Theorien beigetragen hat, erleichtert besonders dem mit diesem Gebiete weniger Vertrauten das tiefere Eindringen in die behandelten Probleme und macht für jeden, der sich mit DK. und Magnetismus beschäftigt, das Buch unentbehrlich.

H. S.

NACHRICHTEN.

Ernannt: Der ord. Professor der Mathematik an der Universität Erlangen Dr. Otto Haupt in gleicher Eigenschaft an der Universität Leipzig, der Privatdozent für Astronomie an der Universität München Dr. Wilhelm Rabe zum a. o. Professor ebenda, der Vorstand des Anorganischen Forschungslaboratoriums der I. G. Farbenindustrie Leverkusen Dr. Friedrich August Henglein zum ord. Professor und Direktor des Instituts für chemische Technik an der Technischen Hochschule Karlsruhe.

In den Ruhestand: Der a. o. Professor für Allgemeine Chemie, insbesondere Maltechnik, an der Technischen Hochschule München Geh. Regierungsrat Dr. Alexander Eibner.

Gesuche.

Prom. Physiker, 29 J. alt, Arier, z. Zt. Volontärassistent, firm auf allen Gebieten der Photometrie und Pyrometrie, spektroskopisch, optisch u. photographisch glänzend durchgebildet, mit guten Kenntnissen und Erfahr. in Vakuum- u. Hochfrequenztechnik, sucht, gestützt auf gute Referenzen, Stellung, ev. auch im Ausland, als Assistent oder wissensch. Mitarbeiter. Angebote unter **S. H. 49** an den Verlag.

Für die Schriftleitung verantwortlich Prof. Dr. P. Debye in Leipzig. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck: Bibliographisches Institut AG., Leipzig.